Base de Conhecimentos Gerados na Engenharia Ambiental e Sanitária 3



Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

Atena Editora
Ano 2021

Base de Conhecimentos Gerados na Engenharia Ambiental e Sanitária 3



Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

Atena Editora
Ano 2021

Editora Chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Assistentes Editoriais
Natalia Oliveira
Bruno Oliveira
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto Gráfico e Diagramação
Natália Sandrini de Azevedo
Camila Alves de Cremo
Luiza Alves Batista
Maria Alice Pinheiro
Imagens da Capa
Shutterstock
Edição de Arte
Luiza Alves Batista
Revisão
Os Autores

2021 *by Atena Editora*
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2021 Os autores
Copyright da Edição © 2021 Atena Editora
Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial
Ciências Humanas e Sociais Aplicadas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Atena Editora
Ano 2021

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde
Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias
Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Atena Editora
Ano 2021

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes
Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico
Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atílio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Atena Editora
Ano 2021

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Atena Editora
Ano 2021

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Base de conhecimentos gerados na engenharia ambiental e sanitária 3

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Giovanna Sandrini de Azevedo
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

B299 Base de conhecimentos gerados na engenharia ambiental e sanitária 3 / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5706-974-5
DOI 10.22533/at.ed.745210804

1. Engenharia Ambiental e Sanitária. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 628

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

Ano 2021

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Atena Editora

Ano 2021

APRESENTAÇÃO

O e-book “Base de conhecimento gerado na Engenharia Ambiental e Sanitária 3”**,** constituído por vinte e oito capítulos de livros que foram organizados e divididos em três grandes áreas temáticas: (*i*) gestão de resíduos sólidos e líquidos; (*ii*) uso e impactos ambientais gerados por aterros sanitários e (*iii*) gestão e qualidade dos recursos hídricos.

Diante disso, inúmeros estudos já concluíram que vários recursos naturais (água, minerais, combustíveis fósseis e seus derivados entre outros) não são renováveis para suprir a necessidade e crescente demanda para manter tanto a atual quanto as futuras gerações, se não houver uma mudança drástica no atual estilo de vida e visão do homem. Neste sentido, a forma se pensar a relação homem/ambiente, surge a necessidade de melhorar a gestão de materiais e práticas de trabalho. Neste contexto, a construção civil e os diferentes seguimentos industriais passaram por uma mudança radical encararam ao criar e aplicar novas práticas e rotinas de trabalho, possibilitando a geração mínima de resíduos e aumentando o seu reaproveitamento em outros setores da sociedade. Neste sentido, a adoção de novas práticas de fabricação e trabalho levou a: (*i*) redução de custos com aquisição de matérias – primas; (*ii*) incorporação de resíduos na composição de diversos produtos industrializados; (*iii*) o reaproveitamento e tratamento de efluentes antes do seu lançamento em corpos aquáticos; (iv) aprimoramento constante do quadro de colaboradores e (v) aquisição de novas tecnologias foram os principais fatores para se atingir este êxito. Entretanto, a falta de um sistema de educação mais efetivo e uma legislação mais restritiva e punitiva para o poluidor ou a fonte de poluição, se constitui em um entrave para a prática de um desenvolvimento mais sustentável.

Diante disso, inúmeros resíduos são gerados e destinados a áreas para receber todo material enviado que será disposto da forma mais adequada – os aterros sanitários. No entanto, a existência destes não significa em eliminar o impacto gerado pelos resíduos, visto que estas áreas possuem um tempo de vida útil e a precarização da infraestrutura faz com que estes espaços sejam vetores de transmissão de doenças e com alto poder de contaminação tanto do solo com de recursos hídricos que estejam próximos. Não obstante a presença de pessoas e animais nestes lugares se caracteriza como um centro de veiculação de inúmeras doenças.

A destinação inadequada de resíduos se constitui no maior responsável por alterar a qualidade dos recursos hídricos contribuindo tanto para a sua não utilização para fins potáveis quanto para a sobrevivência dos diferentes organismos dos diversos ecossistemas existentes no Brasil. Logo, a utilização de tecnologias que promovam o monitoramento e tratamento dos corpos aquáticos é de suma importância para preservar e garantir que estes não venham a faltar em um futuro bem próximo.

Pensando nisso, a editora Atena trabalha com o intuito de estimular e incentivar tanto

a publicação de trabalhos científicos quanto a disponibilidade destes de forma gratuita por intermédio de diferentes plataformas em tempo real e acessível a todos, contribuindo para o desenvolvimento de uma maior consciência ambiental.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

COMPARAÇÃO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE DUAS OBRAS EM BELÉM, PARÁ, BRASIL

Data de aceite: 01/04/2021

Data de submissão: 05/01/2021

Yuri Antônio da Silva Rocha
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA
Belém – Pará
http://lattes.cnpq.br/2137940651590314

Bruno Mitsuo Hiura
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA
Belém – Pará
http://lattes.cnpq.br/2259839055241292

Douglas Matheus das Neves Santos
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA
Belém – Pará
http://lattes.cnpq.br/8865610521814083

Paulo Roberto Estumano Beltrão Júnior
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA
Belém – Pará
http://lattes.cnpq.br/0336937048636729

Danúbia Leão de Freitas
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA
Belém – Pará
http://lattes.cnpq.br/9655471234872805

Yan Torres dos Santos Pereira
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA
Belém – Pará
http://lattes.cnpq.br/0448848350291954

Hugo Augusto Silva de Paula
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA
Belém – Pará
http://lattes.cnpq.br/5296664065991224

William de Brito Pantoja
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA
Belém – Pará
http://lattes.cnpq.br/7245060981828734

Juliane da Silva Carvalho
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA
Belém – Pará
http://lattes.cnpq.br/7500152858541502

RESUMO: Os Resíduos Sólidos de Construção Civil (RCC) são gerados durante o processo construtivo de edificações e outras estruturas, as quais, em grande volume, podem gerar impactos sociais, econômicos e ambientais. Esses resíduos necessitam, portanto, de uma gestão adequada, que administre seus transportes, armazenamentos, separações, usos, reusos, descartes e destinações finais. Este estudo teve como objetivo analisar e comparar o gerenciamento de RCC em duas obras localizadas na cidade de Belém/PA, tendo o reaproveitamento e a reciclagem de materiais como elementos substanciais de análise, expondo as extremidades positivas e negativas da gestão de RCC nas obras. De forma geral, verificou-se que a negligência do gerenciamento dos RCC é relativa, sendo que ações para mitigar os impactos ambientais variam de empresa para empresa, de engenheiro para engenheiro. A Obra 1 demonstrou uma gestão de RCC significativamente mais efetiva do ponto de vista ambiental, com processos de reaproveitamento dos resíduos gerados, enquanto que a Obra 2 demonstrou uma gestão insuficiente dos RCC.

Logo, notou-se que as extremidades do gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil variam conforme a respectiva administração profissional.
PALAVRAS-CHAVE: Comparação; Gerenciamento**;** Resíduos Sólidos; Construção Civil.

COMPARISON OF THE SOLID WASTE MANAGEMENT OF TWO WORKS IN BELÉM, PARÁ, BRAZIL

ABSTRACT: The Civil Construction Solid Waste (CCSW) is generated during the construction process of buildings and other structures, which, on a large scale, can bring forth social, economic and environmental impacts, therefore requiring adequate management, to run their transport, storage, separation, use, reuse, disposal and final destination. Contextually, this article aimed to analyze and compare the management of CCSW in two constructions, located in the city of Belém, PA, the reuse and recycling of materials being substantial elements of analysis for the execution of the study in question, exposing the positive and negative ends of the CCSW management in the contructions. In general, it was found that the negligence of the CCSW management is relative, whose actions to mitigate environmental impacts, ethically, vary from company to company, from engineer to engineer. Work 1 demonstrated a CCSW management significantly and environmentally more effective, with processes of reusing the waste generated, while Work 2 demonstrated an insufficient management of the CCSW. Therefore, it was noticed that the ends of solid waste management in civil construction vary according to the respective professional administration.
KEYWORDS: Comparation; Management; Solid Waste; Construction.

1 I INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos da construção civil (RCC) são definidos, de acordo com a resolução do CONAMA Nº 307 (2002) (BRASIL, 2002), como sendo os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, bem como tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, telhas, dentre outros. À vista disso, os RCC são alguns dos materiais mais gerados durante quaisquer processos de desenvolvimento urbano – desde construções de pequenas vilas até grandes cidades.

Nesse âmbito, o setor da construção civil é uma das áreas que mais suscita resíduos sólidos no meio urbano, acarretando uma problemática quanto à gestão e gerenciamento, a qual se prolonga desde a geração de resíduos, até a destinação final desses substratos. Demais, é um dos maiores setores consumidores de matérias-primas naturais (MESQUITA, 2012), demandando uma notável quantidade de materiais inertes, como areia e cascalho, que são fornecidos por meio da extração de sedimentos aluviais (BRASILEIRO; MATOS, 2015), tornando-se, assim, um setor potencialmente danoso ao meio ambiente (FERREIRA et al., 2014).

Nessa circunstância, alternativas factíveis para os RCC são suas respectivas reciclagens e reutilizações nas próprias obras, como matéria-prima alternativa, o que pode a

vir reduzir a superexploração de jazidas minerais, além de evitar a necessidade de excesso de locais para a disposição final desses resíduos (BRASILEIRO; MATOS, 2015). Dessarte, por meio do desenvolvimento e aplicação de uma gestão mais sustentável, possibilita, por exemplo, destinar materiais reutilizáveis para cooperativas ou outros setores comerciais que reutilizam RCC para a geração de outros produtos, conforme a demanda do canteiro de obras, resultando em uma ação com três consequências positivas: A doação/venda de resíduos para outro setor resultaria em reciclagem e/ou reutilização de materiais, evitando o acúmulo de RCC nas obras, refreando a proliferação de vetores de doenças, como ratos, mosquitos, etc.

Dessa forma, por esses resíduos possuírem uma grande variedade de componentes, a discussão sobre suas gestões e gerenciamentos, torna-se indispensável. Logo, o presente trabalho objetivou comparar a gestão de RCC em duas obras em Belém (Pará, Brasil), comparando o manuseio logístico e prático dos substratos nelas gerados, apontando as extremidades do gerenciamento de RCC entre elas, ressaltando que, ao contrário de um estudo isolado em uma obra, análises comparativas tendem a revelar maior divergências entre objetos de estudos e/ou estudos de caso.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

As obras ocorreram em Belém (Figura 1), capital do Pará, Brasil, e foram visitadas em janeiro de 2018. Belém tem uma população estimada de 1499641 pessoas (IBGE, 2020), com 1.059,466 km² de área de unidade territorial (IBGE, 2019) e com urbanização das vias públicas de 36,1% (IBGE, 2010).

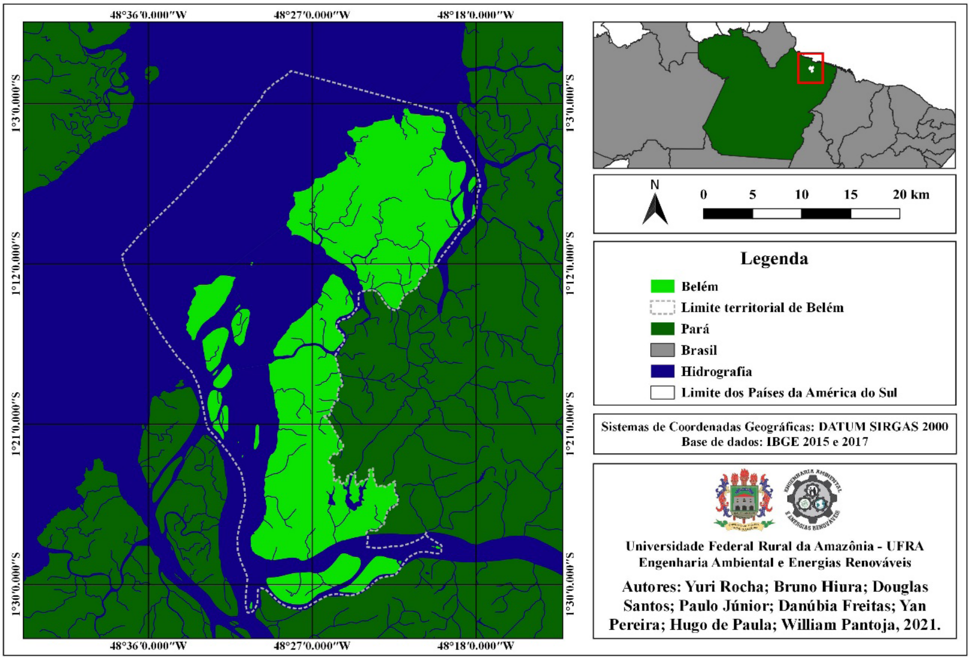


Figura 1 – Mapa de Localização de Belém, Pará, Brasil.

Fonte: Os autores, 2020.

2.2 Avaliação qualitativa

A pesquisa consistiu em inspeção visual e em diálogos com os responsáveis técnicos sobre a gestão dos resíduos sólidos nas obras. Durante o diálogo, tais profissionais foram indagados sobre a situação de cada obra, como: fase da obra; área da construção (tamanho); resíduos mais produzidos; reaproveitamento e destinações dos resíduos. Seguidamente, foi permitido o acesso aos locais, e, dessa forma, foi visualizado a situação real, onde foi possível avistar os elementos descritos acima.

Tais aspectos mencionados proporcionam uma melhor avaliação, haja vista que o tamanho da obra, bem como a fase, reflete, diretamente, na quantidade de resíduos gerados e no tipo de tratamento que esses devem receber, sendo que há variedades dos tipos de materiais empregados pela construção civil. Demais, a avaliação teve como base os processos de separação, reutilização e reaproveitamento, conforme a resolução 307 do CONAMA (BRASIL, 2002) e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) lei nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010). Dessa forma, tendo conhecimento dos fatores expostos acima, foi possível a comparação das respectivas obras visitadas.

No entanto, não foi permitido o registro do nome da empresa e nem das coordenadas geográficas das obras, ou fotos que viessem a divulgar informações sobre as empresas.

Logo, a identificação desses locais neste trabalho se dá como Obra 1 e Obra 2.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Obra 1

A Obra 1 trata-se de um prédio comercial com 3000 m², cujo o responsável técnico foi um Engenheiro Civil. Inicialmente, realizou-se um diálogo, de caráter informal, pois não houve informações detalhadas sobre a obra e sua gestão de resíduos.

Durante toda a visita, observou-se o fato de haver uma organização dos materiais e resíduos (Figura 2A; Figura 2B) antes de suas utilizações durante o processo construtivo, fato esse que possibilita maior distinção para quaisquer eventuais reutilizações e destinações finais.

A construtora responsável, tencionando um gerenciamento por meio de uma “construção com gestão sustentável”, firmou parcerias com panificadoras, metalúrgicas e programas de educação ambiental, para que fosse possível a reutilização e reaproveitamento dos resíduos resultantes da construção.

Verificou-se que, aproximadamente, 70 sacas de cimento eram utilizadas ao dia e, após o uso, eram encaminhadas para um projeto voltado para comunidades carentes, cujo objetivo gira em torno da fabricação de folhas de papel por meio dessas sacas. Do mesmo modo, madeiras foram doadas e vendidas para algumas panificadoras para utilizá-las como lenha e matéria prima para produção de estantes. Demais, peças metálicas foram doadas para algumas metalúrgicas e materiais como tubos, carretéis (Figura 3) e pallets eram distribuídos para uma entidade que possui projetos ambientais, produzindo, por meio desses materiais e outros objetos, mesas, vasos, estande para desenhos (Figura 4A), árvores ecológicas (Figura 4B), entre outros. Além disso, houve uso de portas de madeira reflorestada em todas as salas do edifício (Figura 4C).



Figura 2 – Separação de materiais (A); Separação de resíduos (B).

Fonte: Os autores, 2018.



Figura 3 – Carretéis de madeira.

Fonte: Os autores, 2018.



Figura 4 – RCC reutilizados.

Fonte: Figura 4, A e B: Registros cedidos por colaboradores; Figura 4C: Os autores, 2018.

Os resíduos sólidos não reaproveitados eram armazenados em containers e uma empresa terceirizada, contratada, responsabilizava-se por recolhê-los. Além de amenizar os impactos ambientais que poderiam ser ocasionados pelos RCC, a gestão da obra fomenta o mercado local, pois promove o reuso dos materiais para fins econômicos e a educação ambiental por meio de parcerias firmadas com entidades que incrementam projetos ambientais.

Nesse cenário, nota-se que os responsáveis pela obra adotaram uma visão sistêmica sobre o gerenciamento dos resíduos, pois é preciso ver o entulho como uma oportunidade de reduzir custos e gerar lucros (NASCIMENTO et al., 2015), sendo evidente a relevância de práticas sustentáveis, sendo que, para otimizar o uso dessas práticas, é necessário que se identifique o setor responsável por intensificar os impactos ambientais (RIBEIRO; DE MOURA; DOS SANTOS PIROTE, 2016), o qual adote, por meio de planejamentos, um sistema operacional prático que reduza impactos ambientais pelo excesso de geração de RCC.

Nesse sentido, a empresa responsável, gerou efeito de externalidade positiva, pois evitou a disposição inadequada dos RCC, impedindo possíveis impactos ambientais. Demais, apresentou maior seguimento da resolução 307 do CONAMA (2002) sobre gestão de resíduos de construção civil, demonstrando redução, reutilização, reciclagem de tais materiais, além de apresentar maior conformidade com os padrões estabelecidos pela PNRS (BRASIL, 2010).

Em contrapartida, embora houvesse uma gestão mais eficiente dos RCC, a empresa responsável não tinha o conhecimento e não demonstrou interesse sobre o despejo final dos resíduos armazenados nos containers. Tal aspecto pode implicar negativamente sobre o meio ambiente, pois o desconhecimento do destino final dos RCC deve ser controlado e

fiscalizado, a fim de evitar que sejam abandonados e se acumulem em margens de rios, terrenos baldios ou outros locais inapropriados (NASCIMENTO et al., 2015).

3.2 Obra 2

A Obra 2 trata-se também de um prédio, cuja caracterização, se é residencial ou comercial, não foi informada. O Engenheiro Civil, responsável técnico pela obra 2, permitiu a visita, mas solicitou, como única forma de acordo para que autorizasse a análise dentro da obra, maior sigilo possível, regulando as informações sobre a gestão, efetuação do gerenciamento dos RCC na obra, o histórico detalhado e até mesmo os registros fotográficos, os quais foram mínimos.

A princípio, o responsável pelo empreendimento afirmou, sem detalhes, que houve uma compensação ambiental para a regulamentação da construção da obra, onde, anteriormente, era existente uma cobertura vegetal nativa, a fim de promover um "equilíbrio ambiental". Pela visita, não foi visualizado nenhuma gestão e gerenciamento eficientes dos RCC. Os "entulhos" eram armazenados em um container (Figura 5) sem tratamento ou reaproveitamento. O transporte dos containers era terceirizado e a destinação final (quando, como e onde era despejado) era desconhecida.

A ausência de planejamento da gestão desses resíduos observada, acarretou consequências, também visualizadas no ambiente. Tal fato resultou em descarte incorreto de resíduos (Figura 6), os quais, em acúmulo, colocam em risco a saúde humana, pois a disposição inadequada favorece para o desenvolvimento de agentes patogênicos responsáveis pela proliferação de diversas doenças, pois os resíduos tornam-se abrigos para ratos, moscas e baratadas, atraindo, serpentes, aranhas e escorpiões, os quais buscam, nesses locais, fontes de alimentação – refletindo, dessa forma, em riscos diretos aos trabalhadores que manuseiam os refugos (DA SILVA; LIPORONE, 2011).



Figura 5 – Containers para armazenamento de RCC na obra 2.

Fonte: Os autores, 2018.



Figura 6 – Entulhos espalhados ao redor da obra 2.

Fonte: Os autores, 2018.

Portanto, evidenciou-se claras diferenças da gestão e do gerenciamento de resíduos sólidos dentro das obras, bem como a destinação desses materiais para outros fins, que visam sustentabilidade por meio da reutilização, reciclagem e/ou reaproveitamento.

3.3 Análise comparativa

A desinformação durante a visita na obra 2 alicerça-se sobre a não funcionalidade da obra quanto a gestão e gerenciamento de RCC. Em outras palavras, foi percebido que, devido ao falho seguimento da legislação (CONAMA 307 (2002); PNRS (BRASIL, 2010), sem quaisquer atenções voltadas para potenciais impactos ambientais oriundos da ausência de planejamento, qualquer informação ou registro de irregularidades que fosse fornecida, poderia significar em prejuízos judiciais, econômicos e sociais para a empresa e técnico responsáveis.

Logo, evidenciam-se as divergências da sustentabilidade referente à gestão de resíduos sólidos em comparação das duas obras, como mostra a tabela abaixo:

	Obra 1	Obra 2
Início da Obra	**2013**	**Não informado**
Fase da Obra	**Revestimento**	**Ampliação estrutural**
Área (m²)	**30000 m²**	**Não informado**
Armazenamento dos RCC	**Sim**	**Parcial**
Separação dos RCC	**Sim**	**Não**
Grande quantidade de RCC gerada	**Sim**	**Sim**
Projetos e parcerias de planejamento	**Sim**	**Não**

Resíduos potencialmente danosos ao meio ambiente	**Sim**	**Sim**
Resíduos mais gerados	**Restos de concreto; latas de tinta; Restos de argamassa.**	**Restos de concreto; Madeira; Restos de argamassa.**
Local de armazenamento dos RCC	**Containers**	**Containers e meio ambiente**
Separação dos resíduos dentro da obra	**Sim**	**Não**
Gerenciamento dos resíduos não reutilizáveis	**Coleta via empresa terceirizada**	**Coleta via empresa terceirizada**
Conhecimento sobre a destinação final dos RCC	**Não**	**Não**

Tabela 1 – Comparação entre as obras visitadas.

Fonte: Os autores, 2020.

Com as informações acima, ressalta-se o fato de que, se a obra 2 estava operante a mais de um ano, levando em consideração as demais informações, especialmente a data do início da obra, a qual não foi informada, significa que havia possibilidade de que o local estivesse desprovido de qualquer gestão efetiva de resíduos sólidos durante um longo período. Demais, no início da visita na Obra 2, o engenheiro civil responsável, argumentou, como justificativa do fato de não haver ações quanto ao gerenciamento e gestão de RCC, que "[...] provavelmente, ninguém em Belém segue nenhuma legislação voltada para a gestão e gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil [...]".

Tal conjuntura se caracteriza como uma inquietante hamartia referente à ética, pois engenheiros devem usar seu conhecimento para o avanço do bem-estar da humanidade, sendo honesto e imparcial, atentando-se à importância dos conceitos básicos de ética e, aliás, levar em consideração as consequências que um ato negligente pode gerar, é ato mínimo a se esperar de qualquer profissional, na engenharia ou fora dela (DE SOUZA, 2013).

Demais, é preocupante o desconhecimento sobre a destinação final dos RCC, mesmo sendo um serviço executado via empresa terceirizada. O motivo de tal atenção é que há na Política Nacional de Resíduos Sólidos o princípio da responsabilidade compartilhada pela qual é imposto uma série de atribuições individualizadas e encadeadas necessárias ao setor empresarial, ao consumidor e ao poder público, para que possam proceder à destinação ambientalmente adequada de resíduos, para minorar o volume dos resíduos sólidos e rejeitos gerados, estorvar impactos à saúde humana e ao meio ambiente decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos da Lei 12.305/2010 (DE MELO SANTOS, 2015; MACHADO, 2012; BRASIL, 2010).

Assim, nota-se uma disparidade em vários aspectos na forma de cada empresa administrar os RCC de suas respectivas construções, sendo que a Obra 1, apresenta

vários meios de amenizar as desvantagens de produção de RCC, enquanto a Obra 2, não apresentou um manuseio adequado com seus resíduos gerados. Dessa forma, expõe-se as extremidades da sustentabilidade, do bom e mau gerenciamento no âmbito da construção civil e o quanto isso oscila conforme uma gestão adequada aplicada por cada técnico responsável, tendo a consciência de que os cuidados com o meio abiótico e biótico se fazem necessários.

4 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

O volume de refugo oriundo da obra 1 foi visualmente caracterizado como amplo, embora tenha sido clara a preocupação e aplicação de uma gestão sobre os RCC. A obra 2, por outro lado, careceu de administrações sobre a gestão de resíduos. Os dados obtidos pela investigação de campo mostram que há disparidade no gerenciamento dos RCC nos dois processos construtivos.

Em virtude disso, ressalta-se a importância de que os profissionais envolvidos nesses processos devem elaborar e assegurar a execução de um projeto prévio de gestão ambientalmente adequada dos resíduos sólidos gerados, conforme os padrões impostos pela legislação brasileira, visando a mitigação dos impactos ambientais, para que o gerenciamento desses materiais ocorra durante toda e qualquer obra. Além disso, atuar com ética profissional é essencial para a efetuação sustentável de quaisquer serviços interligados com o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

BRASIL. 2002. Resolução CONAMA nº 307 - **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil de 17 de julho de 2002.

BRASIL. Lei 12305, de 2 de agosto de 2010: **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)**, Brasília: 2010.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. **Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção**. Cerâmica, v. 61, p. 178-189, 2015.

DA SILVA, C. B.; LIPORONE, F. **Deposição irregular de resíduos sólidos domésticos em Uberlândia: algumas considerações**. OBSERVATORIUM: Revista Eletrônica de Geografia, v. 2, n. 6, 2011.

DE MELO SANTOS, M. C. **A responsabilidade compartilhada na Política Nacional de Resíduos Sólidos: uma análise da eficácia das disposições relativas ao consumidor**. Revista Direito Ambiental e Sociedade, v. 5, n. 1, 2015.

DE SOUZA, D. V.; MACHADO, R. F.; MONTES, R. G. E.; DE SOUZA, I. C. **Incêndio da Boate Kiss: análise da conduta ética dos engenheiros civis**. Revista JurisFIB, v. 4, n. 4, 2013.

FERREIRA, A. C. A.; COSTA, F. M. V. da; DIAS, I. de C. T.; SANTOS, S. **Gestão de resíduos sólidos na construção civil**. Revista Pensar Engenharia, v. 2, n. 2, 2014.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **População: população no último censo, Belém/PA**. 2010. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/belem/panorama. Acesso em: 27/12/2020.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Território e ambiente: Área da unidade territorial, Belém/PA**. 2019. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/belem/panorama. Acesso em: 27/12/2020.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Território e ambiente: Urbanização de vias públicas, Belém/PA**. 2019. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/belem/panorama. Acesso em: 27/12/2020.

MACHADO, P. A. L. **Princípios da política nacional de resíduos sólidos**. Revista do Tribunal Regional Federal da 1ª Região, v. 24, n. 7, p. 25-33, 2012.

MESQUITA, A. da S. G. de. **Análise da geração de resíduos sólidos da construção civil em Teresina, Piauí**. Holos, v. 2, p. 58-65, 2012.

NASCIMENTO, F. A. T.; VIEIRA, A. J. B.; BARROSO, I. R. S.; LOPES, J. P. **Reutilização e reciclagem de resíduos sólidos gerados na construção civil.** Cadernos de Graduação: Ciências Exatas e Tecnológicas [online]. Maceió, v. 3, n. 1, p. 141-152, 2015.

RIBEIRO, D.; DE MOURA, L. S.; DOS SANTOS PIROTE, N. S. **Sustentabilidade: Formas de Reaproveitar os Resíduos da Construção Civil**. Revista de Ciências Gerenciais, v. 20, n. 31, p. 41-45, 2016.

CAPÍTULO 2

IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GERENCIAMENTO PARA RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM UMA OBRA NA CIDADE DO RECIFE, PERNAMBUCO

Data de aceite: 01/04/2021

Eduardo Antonio Maia Lins
Universidade Católica de Pernambuco e Instituto Federal de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Vanesa Luana Bezerra Barbosa
Centro Universitário Maurício de Nassau
Recife – Pernambuco

Adriane Mendes Viera Mota
Centro Universitário Maurício de Nassau
Recife – Pernambuco

Maria Clara Pestana Calsa
Centro Universitário Maurício de Nassau
Recife – Pernambuco

Andréa Cristina Baltar Barros
Centro Universitário Maurício de Nassau
Recife – Pernambuco

RESUMO: A preocupação com o meio ambiente vem crescendo à medida que os anos vão passando, e a preservação ambiental se tornou uma preocupação mundial. Na construção civil, apesar de seus reconhecidos impactos socioeconômicos, é um grande gerador de impactos e degradação ao meio ambiente, gerando grandes quantidades de resíduos que poderiam ser reaproveitados, reciclados e/ou reutilizados. A implantação do método de Gerenciamento de resíduos para a construção civil implica no desenvolvimento de um conjunto de atividades para se realizar dentro e fora dos canteiros. Entre elas estão à caracterização e quantificação dos resíduos sólidos, a minimização dos resíduos por classe, priorizar a triagem/segregação na origem, acondicionamento/armazenamento dos resíduos sólidos por classe de forma a garantir a integridade dos materiais, transporte interno vertical e horizontal do RCC, transporte externo, transbordo/localização de resíduos e a destinação final dos resíduos. Este trabalho tem por objetivo apresentar a implantação e os resultados do Programa de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil - PGRCC em uma obra na cidade do Recife - PE. Os dados obtidos na construtora mostraram que esta obteve melhoras na sua produção ao utilizar os procedimentos propostos, minimizando a geração de seus resíduos, tornando o processo construtivo mais rentável e competitivo.

PALAVRAS-CHAVE: Lixo, Obras, Entulho, Gestão.

IMPLEMENTATION OF A MANAGEMENT SYSTEM FOR CIVIL CONSTRUCTION WASTE IN A WORK IN THE CITY OF RECIFE, PERNAMBUCO

ABSTRACT: Concern for the environment has been growing as the years go by, and environmental preservation has become a worldwide concern. In civil construction, despite its recognized socioeconomic impacts, it is a major generator of impacts and degradation to the environment, generating large amounts of waste that could be reused, recycled and / or reused. The implementation of the Waste Management method for civil construction implies

the development of a set of activities to be carried out inside and outside the construction sites. Among them are the characterization and quantification of solid waste, the minimization of waste by class, prioritizing sorting / segregation at the source, conditioning / storage of solid waste by class to guarantee the integrity of materials, vertical and horizontal internal transport of the RCC, external transport, transshipment / location of waste and the destination of waste. This work aims to present the implementation and results of the Civil Construction Waste Management Program - PGRCC in a project in the city of Recife-PE. The data obtained at the construction company showed that it obtained improvements in its production when using the proposed procedures, minimizing the generation of its residues, making the construction process more profitable and competitive.
KEYWORDS: Waste, Works, Rubble, Management.

1 I INTRODUÇÃO

A Construção Civil é uma atividade de grande importância para o desenvolvimento econômico e social, gerando empregos, melhoria de infraestrutura, renda, viabilização de moradias, entre outros impactos positivos socioeconômicos (LINTZ et al., 2012). Esse setor é um dos mais importantes setores produtivos da economia, uma vez que colabora substancialmente para a oferta de empregos diretos na própria construção civil, e de milhares de empregos indiretos em outras áreas industriais, como os da ciência e tecnologia (VIEIRA & NOGUEIRA, 2018).

Por outro lado, o crescimento desordenado, o grande consumo de recursos naturais, a grande geração de resíduos e a modificação da paisagem fazem com que se torne uma atividade geradora de impactos ambientais negativos (BRASILEIRO & MATOS, 2015).

À medida que os anos vão passando a preservação ambiental vem se tornando uma preocupação mundial. a questão ambiental é um tema obrigatório, pois compromete a nossa e as futuras gerações, bem como a qualidade de vida de todos os seres vivos do planeta (MACHADO, 2012). A geração desenfreada de resíduos, associada a uma disposição inadequada tem como consequência a poluição do meio ambiente. Aos poucos, a consciência ambiental se estende às empresas deste setor de construção, mas ainda é um processo bastante lento.

Hoje em dia muitos setores têm contribuído para degradação do meio ambiente inclusive o setor da construção civil, pois a quantidade de energia e recursos naturais consumidos e o volume de resíduos gerados são bastante significativos, atingindo e degradando cada vez mais o meio ambiente (DESORDI; VIEIRA; SAUSEN, 2017)

A geração dos Resíduos da Construção Civil (RCC) geralmente se deve às perdas de materiais de construção, tanto através do desperdício durante o processo de execução, quanto pelo uso inadequado, assim como os restos de materiais que são perdidos por danos no recebimento, transporte e armazenamento. São geralmente mais conhecidos por entulhos e são tecnicamente definidos como o rejeito de todo material utilizado na execução de etapas das obras, podendo ser gerados de obras de infraestrutura, demolições,

reformas, restaurações, reparos, construções novas, entre outros, tais como um conjunto de fragmentos ou restos de pedregulhos, areias, materiais cerâmicos, argamassa, aço, madeira e outros (FERREIRA et al, 2014).

Existem vários fatores que contribuem para a geração do RCC, entre eles estão à falta de qualidade dos bens e serviços realizados, que consequentemente promovem a geração de entulho e contribuem para o volume de resíduos gerados. Os problemas relacionados ao projeto de elaboração de um gerenciamento de resíduos são pela falta de definições e/ou detalhamentos satisfatórios, falta de precisão nos memoriais descritivos, baixa qualidade dos materiais adotados, baixa qualificação da mão de obra, o manejo, transporte ou armazenamento inadequado dos materiais, a falta ou ineficiência dos mecanismos de controle durante a execução da obra, ao tipo de técnica escolhida para a construção ou demolição, aos tipos de materiais que existem na região da obra e finalmente à falta de processos de reutilização e reciclagem no canteiro.

A implantação do método de Gerenciamento de resíduos para a construção civil implica no desenvolvimento de um conjunto de atividades para se realizar dentro e fora dos canteiros. Entre elas estão à caracterização e quantificação dos resíduos sólidos, a minimização dos resíduos por classe, priorizar a triagem/segregação na origem, acondicionamento/ armazenamento dos resíduos sólidos por classe de forma a garantir a integridade dos materiais, transporte interno vertical e horizontal do RCC, transporte externo, transbordo/localização de resíduos e a destinação final dos resíduos. Este trabalho tem por objetivo apresentar a implantação e os resultados do Programa de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil - PGRCC em uma obra na cidade do Recife- PE.

2 | METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

Os dados foram obtidos na obra do Edifício Residencial Multifamiliar situado na Rua Arnoldo Magalhães, nº80, no bairro de Casa Amarela, Recife/PE.



Figura 1 – Localização do Empreendimento.

Fonte: Googlemaps (2021).

2.2 Tipo de Pesquisa

Para a elaboração do referido trabalho foram analisados e coletados dados de um Projeto de Gerenciamento de Resíduo de Construção Civil, sendo necessário um levantamento bibliográfico visando acompanhamento após implantação. As informações acerca do conteúdo foram obtidas através das normas e leis vigentes no estado de Pernambuco, tendo servido como base para nortear o trabalho, além de pesquisas em artigos científicos.

2.3 Coleta e Análise de Dados

Os dados foram coletados através de visitas periódicas ao local da obra, onde foi possível registrar as etapas de construção, juntamente com a aplicação das leis vigentes. Realizou-se um levantamento dos projetos ambientais da empresa, os quais têm como objetivo uma redução dos impactos ambientais e educação junto com os funcionários.

Na obra, foram observadas as etapas do sistema de implantação, como: o planejamento e organização; a pré-avaliação e diagnóstico; a realização dos estudos e avaliação; os estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental; e a implantação e planos de ação corretiva e preventiva de melhoria contínua.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) inicial da obra teve como características básicas um bom planejamento onde se identificaram oportunidades de melhorias visando mitigar, eliminar ou reduzir a geração de resíduos e emissões, efluentes fluidos ou gasosos, além de racionalizar a utilização de matéria-prima e seus diversos insumos. O projeto foi implantado utilizando uma metodologia que buscou solucionar os problemas de ordem técnica e ambiental sem que houvesse aumento de ônus para empresa interessada neste modelo de gerenciamento.

As medidas adotadas na implantação do PGRCC no canteiro de obra estudado foram: aquisição de material para serem utilizados no funcionamento do projeto (adesivos de identificação, dispositivos para acondicionamento, sacos de ráfia, panfletos educativos para os colaboradores), treinamentos de funcionários, disposição dos dispositivos de acondicionamento inicial e determinação de locais para acondicionamento final, transporte externo e destinação final conforme projeto de canteiro. Os dispositivos utilizados para acondicionamento inicial dos resíduos eram normalmente dispostos nos pavimentos da edificação, onde, diariamente, era realizada a remoção. A forma como os resíduos eram descartados pela obra também era um problema, uma vez que ficavam espalhados pelos pavimentos, dificultando a locomoção dos funcionários, podendo causar acidentes.

No canteiro de obra estudado foram utilizados bombonas de plásticos, dotadas de sacos de ráfia para recepção de resíduos de classe B e demarcações no piso para

depósito de resíduos de classe A, conforme Figuras 2 e 3. Os resíduos de classe C ficavam depositados na própria área de trabalho e após o término do serviço eram transportados para o local de acondicionamento final, como uma forma de segregação de resíduos.



Figura 2 - Bombonas para segregação de resíduos classe B.

Fonte: Os autores (2021).



Figura 3 - Demarcação no piso para deposição de resíduos classe A.

Fonte: Os autores (2021).

Observou-se a situação de mistura dos resíduos, em que há resíduos de plástico e tinta. Caso a tinta caísse no plástico, reduziria a chance de fazer a reciclagem ou

reutilização. Assim, após treinamento realizado, os funcionários foram apresentados às classificações dos resíduos, por meio da cartilha e orientados a não os misturar. Em relação à pintura, após a instrução, o problema não voltou a ocorrer. Nas obras de construção civil hoje é muito comum encontrar empresas terceirizadas e com grande rotatividade de trabalhadores. Segundo Martins (2012), uns dos motivos para isso ocorrer são: benefícios financeiros que devem ser dados ao assalariado demitido (Fundo de Garantia do Tempo de Serviço - FGTS) e estrutura do mercado de trabalho, oferta e procura de trabalho. Com a grande rotatividade de funcionários, a dificuldade de conscientização ambiental e de alcançar uma mão de obra de qualidade superior é ainda maior, pois não há continuação dos ensinamentos.

Os dispositivos utilizados para acondicionamento final dos resíduos foram as baias, construídas no pavimento térreo, com fácil acesso para coleta, e caçambas estacionárias, para o caso de resíduos classe A, até que os mesmos fossem removidos pelas empresas coletoras de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) (Figuras 4 e 5). É importante ressaltar que, no caso dos resíduos classe D (gesso), foram armazenados em baias cobertas protegendo-o contra as intempéries.

Embora ainda se encontrem algumas dificuldades no manejo com os resíduos, pois se sabe que cada obra tem um rendimento de construção a ser cumprido, muitas vezes ocorreram acúmulos de resíduos nas baias, deposição de resíduos de outras classes em um mesmo dispositivo de coleta; a melhoria e organização do canteiro foi acontecendo à medida que o projeto passou a ser bem monitorado.



Figura 4 - Baias fixas para acondicionamento final dos resíduos.

Fonte: Os autores (2021).



Figura 5 - Caçamba estacionária para acondicionamento final de resíduos.

Fonte: Os autores (2021).

Com a avaliação da segregação na fonte e acondicionamento inicial e final dos resíduos no canteiro, verificou-se que tiveram uma destinação adequada do ponto de vista ambiental. A análise foi realizada em conformidade com o preenchimento do manifesto de controle de transporte de resíduo (CTR), que deve ser preenchido sempre que qualquer resíduo seja retirado da obra.

O acompanhamento da implantação do Projeto de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil (PGRCC) permite que se torne nítida a importância e melhoria, obtendo-se resultados bastante significativos, tornando assim o canteiro mais limpo e organizado, proporcionando a destinação adequada aos seus resíduos e tornando-se padrão para as diversas obras.

De acordo com Silva et al, (2015), ao realizar um estudo semelhante, observou-se que com a prática das ações de gerenciamento, surgiram a possibilidade de não somente quantificar, mais também de qualificar os resíduos de modo a permitir a identificação das causas de desperdício de materiais no canteiro e, por conseguinte a redução dos custos de destinação para resíduos segregados e valorizáveis, assim como a garantia de defesa quanto à correta destinação dos resíduos.

Para Lins et al (2020), para que se possam ser reaproveitados os resíduos da construção civil, faz-se necessário que haja um processo de beneficiamento que avalie suas características químicas bem como de que forma poderão vir a interferir na reação com os outros insumos, uma vez que suas propriedades físico-químicas estão condicionadas a parâmetros específicos, como a região geradora do resíduo e a ação dos agentes agressivos ao longo do tempo as quais a peça foi solicitada. Tem como principais vantagens a contribuição ambiental que a gestão e a reciclagem produzem, visto que os

entulhos que seriam descartados irregularmente em margens de rios e lagos ou em aterros, são reencaminhados para destinos com maior responsabilidade ambiental e social, além de proporcionar uma redução de custos considerável quando utilizados os produtos reciclados de RCD.

4 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Construção Civil, no âmbito de atividades geradoras de resíduos, é cada vez mais preocupante, devido ao aumento da taxa de crescimento das obras durante a última década. Este trabalho verificou a aplicação do Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção civil - PGRCC, pelo qual foram obtidos resultados bastante significativos, tais como: redução no custo operacional em até 5%; baixa no registro de acidentes no canteiro de obra entre outros, tornando-se uma ferramenta eficaz na condução dos canteiros de obra, conscientizando e mobilizando esforços no sentido de se ter uma segregação dos resíduos, passando de uma realidade de meros geradores de "entulhos" para um sistema de gerenciamento dos resíduos. O PGRCC traz boas atividades práticas, que foram incorporadas na obra em relação aos resíduos, como: a adoção de estratégias para conter a geração, diminuindo o desperdício; segregação, triagem e o tratamento de alguns resíduos no próprio canteiro; e transporte e destino compromissado. Trazendo inúmeros resultados indiretos como:

- Redução de perdas;
- Maior satisfação dos operários;
- Maior satisfação dos clientes;
- Melhor imagem da empresa no mercado;
- Redução dos riscos de acidente de trabalho;
- Disseminação das questões relativas à coleta Seletiva.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: resíduos sólidos - classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA e RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo, 2017. 116 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL. **Resíduos de Gesso na Construção Civil: Coleta, armazenagem e reciclagem.** São Paulo: Agns Gráfica e Editora, 2012. 20 p.

BRASIL. **Lei Nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus Fins e Mecanismos de Formulação e Aplicação, e dá outras Providências.

BRASIL. **Resolução CONAMA no 307, de 5 de julho de 2002.** Estabelece diretrizes, critério e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 jul. 2002.

BRASIL. **Resolução CONAMA N 348, de 16 de agosto de 2004.** Inclui o amianto na classe de resíduos perigosos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 ago. 2004.

BRASIL. **Resolução CONAMA N 431, de 24 de maio de 2011.** Estabelece nova classificação para o gesso. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 25 maio 2011.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. (2015). Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil, **Revista Cerâmica**, 61,178-189, http://dx.doi.org/10.1590/0366-69132015613581860

DEZORDI, A. P. R., VIEIRA, E. P., SAUSEN, J. O. **O impacto nos custos ambientais dos resíduos gerados na construção civil**, XXIV Congresso Brasileiro de Custos - Florianópolis, SC, Brasil, 15 a 17 de novembro de 2017.

FERREIRA, A. C. A., COSTA, F. M. V., DIAS, I. C. T.; SANTOS, S. Gestão de Resíduos Sólidos na Construção Civil, **Revista Pensar Engenharia**, v.2, n. 2, Jul./2014.

LINS, Eduardo Antonio Maia; CAVALCANTI, Eduardo Henrique Bezerra; LINS, Cecília Maria Mota Silva; BARROS, Andréa Cristina Baltar, Estudo de Caso de um Sistema de Tratamento e Reuso dos Resíduos da Construção Civil. **In:** SILVA, Maria Elanny Damasceno (org.). O meio ambiente e as interfaces dos Sistemas Social e Natural 2. 1. ed. Ponta Grossa, PR: Atena, 2020, p. 32-44. Disponível em: https://www.atenaeditora.com.br/post-artigo/39450. Acesso em: 21 nov. 2020.

LINTZ, R. C. C., JACINTHO, A. E. P. G. A., PIMENTEL, L. L.; GACHET-BARBOSA, L. A.; **Revista Ibracon de Estruturas e Materiais** 5, 2 (2012).

MACHADO, A. de Q. **Licenciamento Ambiental: atuação preventiva do Estado à luz da Constituição da República Federativa do Brasil**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2012.

MARTINS, F. G. **Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil em Obras de Grande Porte - Estudos de Caso, 2012**. 188 f. Dissertação (Mestrado em Ciências, Programa de Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

RECIFE. **Lei Nº 17072, de 04 de Janeiro de 2005**. Estabelece as diretrizes e critérios para o programa de gerenciamento de resíduos da construção civil.

SILVA, I. L. S.; RÊGO FILHO, A. T. C.; DOS REIS, J. C. F.; SOUSA, S. S.; LEMOS, E. J. S. **Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil: um Caso em Santarém, Pará, Brasil**, 10 Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, Porto Alegre, 2016.

VIEIRA, B. A.; NOGUEIRA, L. (2018), "Construção civil: crescimento versus custos de produção civil", **Sistemas & Gestão**, Vol. 13, No. 3, pp. 366-377, disponível em: http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/view/1419

CAPÍTULO 3

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE: ESTUDO DE CASO EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR

Data de aceite: 01/04/2021

Mariane Viviurka Fernandes
Universidade Estadual do Centro Oeste
Brasil

Silvano da Silva Coutinho
Universidade Estadual do Centro Oeste
Brasil

Silvia Carla da Silva André Uehara
Universidade Estadual de São Carlos
Brasil

Adriana Aparecida Mendes
Universidade de Araraquara
Brasil

Maiara Veiga Coutinho
Universidade Regional de Blumenal
Brasil

Tatiane Bonametti Veiga
Universidade Estadual do Centro Oeste
Brasil

RESUMO: Dentre todos os tipos de resíduos gerados pelas atividades humanas encontram-se os Resíduos de Serviços de Saúde que possuem diferentes características, muitas perigosas, e podem causar danos à saúde humana e ao ambiente. O presente estudo teve como objetivo elaborar um diagnóstico referente ao gerenciamento dos resíduos utilizados em atividades de ensino e pesquisa, em laboratórios e outros serviços, em uma Instituição de Ensino Superior. Nesta pesquisa, de caráter descritivo e exploratório, foi realizado um levantamento a partir da aplicação de questionário aos responsáveis pelos laboratórios e serviços da Universidade, com a participação de 41 sujeitos que correspondiam a 40,2 % dos laboratórios e serviços da instituição, responsáveis por gerar esses tipos de resíduos. Os dados indicaram que os sujeitos possuíam maior conhecimento em relação ao manejo interno dos resíduos gerados, apresentando pouco conhecimento sobre o manejo externo. Grande parte dos sujeitos informou que em seus laboratórios e serviços eram gerados mais de um tipo de resíduos, sendo que o mais frequentemente encontrado correspondia ao resíduo químico, indicado por 83 % dos sujeitos. Outro fator importante ocorreu em relação à segregação, sendo que a maioria dos sujeitos informou que é realizada no local de sua geração, encontrando-se em conformidade com a legislação vigente. Em relação ao manejo externo, foi verificado entre os sujeitos participantes, que a maioria não tinha conhecimento sobre como era realizada a coleta, transporte, tratamento e disposição final dos residuos gerados em seus locais de trabalho. As Instituições de Ensino Superior exercem um papel fundamental de responsabilidade ambiental, e seu comprometimento deve estar presente desde a minimização do volume gerado até a forma de destinação final. É fundamental o conhecimento de todas fases de manejo, sendo que o diagnóstico atualizado pode ser uma ferramenta essencial para fornecer subsidios para a tomada de decisões e fundamentar a elaboração de um Plano de Gerenciamento de Resíduos para a instituição.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão de Resíduos, Instituição de Ensino Superior, Resíduos Perigosos.

ABSTRACT: Among all types of waste generated by human activities is the Health Services Waste that has different characteristics, which may be dangerous, and can cause risks to human health and to the environment. The present study aimed to elaborate a diagnosis regarding the management of waste used in teaching and research activities, in laboratories and other services, in a Higher Education Institution. In this descriptive and exploratory study, a survey was carried out based on the application of a questionnaire to those responsible for the laboratories and services of the University, with the participation of 41 people that corresponded to 40.2% of the laboratories and services of the institution responsible for generating these types of waste. The data indicated that those responsible for the waste had greater knowledge regarding the internal management of the waste generated, presenting little knowledge about the external management. Most of them reported that in their laboratories and services more than one type of waste was generated, and the most frequently found correspond to the chemical residue, indicated by 83% of those interviewed. Another important factor occurred in relation to segregation, and the majority of the subjects reported that it is performed at the place of the waste generation, being in compliance with the legislation. These institutions play a fundamental role of environmental responsibility, and their commitment must be present from the minimization of the volume generated to the final destination. Knowledge of all phases of management is fundamental, and the updated diagnosis can be an important tool to provide subsidies and to base the elaboration of a Waste Management Plan for the institution.
KEYWORDS: Waste Management, Higher Education Institutions, Hazardous Waste.

1 I INTRODUÇÃO

A geração de resíduos sempre foi inerente às atividades humanas desde os primórdios da sociedade, contudo, passou a ser algo notável, a partir da Revolução Industrial, com o crescimento da urbanização, a transformação econômica e a produção acelerada. Esse crescimento, por muitas vezes, não levou em consideração os aspectos negativos a serem enfrentados como problemas sociais e ecológicos.

Esta transformação intensificou o problema relacionado ao aumento da geração de resíduos, ganhando espaço nas discussões em conferências mundiais. Foi um dos temas abordados na Conferência de Estocolmo, em 1972, com discussões referente às relações entre a preocupação da industrialização nos países em desenvolvimento como ponto de partida para alcançar os países desenvolvidos, cujo meio ambiente não era a preocupação relevante (SACHS, 2009).

Fundamentado na correlação existente entre produção e criação de produtos, escassez de matéria-prima e geração de resíduos sólidos perigosos, entre outros, um grande desafio passou a ser enfrentado no contexto da problemática do saneamento ambiental, havendo a necessidade do correto manejo dos resíduos gerados, desde sua

geração até disposição final adequada, a fim de obter um menor impacto no meio ambiente e promover a saúde humana.

No Brasil, a legislação relacionada a essa temática iniciou com discussões referentes aos Resíduos de Serviços de Saúde (RSS), apresentando em 1989 o projeto de lei nº 354, que “dispunha sobre o acondicionamento, a coleta, o tratamento, o transporte e a destinação final dos resíduos de serviços de saúde” (ARAÚJO; JURAS, 2011, p.31). No decorrer do seu processo, outros projetos de lei com diversas questões sobre vários tipos de resíduos foram incorporados, resultando na percepção da complexidade do conteúdo em questão, bem como as dificuldades pela abrangência do tema, as particularidades de cada setor e a sua relação com cerca de todas atividades econômicas do país.

Visando atender a necessidade de medidas para gerenciar todo o processo dos resíduos, a responsabilidade desde a fabricação até o consumidor, além de todo gerenciamento pós-consumo, surgiram muitas discussões em varias instâncias. Dessa forma, após um longo processo, devido à complexidade dos assuntos debatidos instituiu-se, no Brasil, em 2010, uma legislação para todos os tipos de resíduos com a publicação da Lei nº 12.305, que se refere à Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS). Essa política define como gerenciamento de resíduo sólido o “conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos” (BRASIL, 2010, p.2).

A legislação apresenta critérios para diminuição da geração, responsabilidade compartilhada dos resíduos de todos os setores desde a fabricação até o pós-consumo (TONETO; SAIANI; DOURADO, 2014) e engloba um dos instrumentos fundamentais para o enfrentamento dos principais problemas ambientais relacionados ao manejo inadequado dos residuos, que consiste na destinação final ambientalmente adequada e a elaboração dos Planos de Gerenciamento dos Resíduos, incluindo, pricipalmente os estabelecimentos responsáveis pela geração de Resíduos Perigosos (BRASIL, 2010).

Dentro do contexto dos resíduos perigosos, inserem-se os RSS. Esses resíduos correspondem a uma pequena quantidade, em torno de 1 a 3 % do total de resíduos gerados no Brasil, em contrapartida, apresentam elevados riscos a saúde pública, ao meio ambiente, segurança e saúde do trabalhador, por apresentar grande diversidade de resíduos com variados graus de periculosidade (BRASIL, 2006).

A preocupação com os RSS teve destaque a partir da publicação do Conselho Nacional Meio Ambiente (CONAMA) com a Resolução nº 005, em 1993, em que estabelecimentos prestadores de serviços de saúde passaram a ter obrigatoriedade de elaborarem um Plano de Gerenciamento dos resíduos. Revogada pela Resolução nº 283 e substituída, posteriormente, pela Resolução nº 358, de 2005, a responsabilidade dos estabelecimentos quanto à minimização de riscos a saúde e as ações preventivas tornaram-se essencial para minimizar os impactos à saúde pública e ao meio ambiente (BRASIL, 1993; 2005).

Em 2004, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) também instituiu a Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) nº 306, revogada pela RDC nº 222, de 28 de março de 2018, que regulamenta o gerenciamento dos RSS. Ambas resoluções preveem a classificação dos RSS em grupo A, B, C, D e E, sendo resíduos biológicos, químicos, radioativos, comum e perfurocortantes, respectivamente, e apresentam as condições sobre as fases de manejo dos resíduos (BRASIL, 2004, 2018).

As Instituições de Ensino Superior (IES) possuem uma diversidade de atividades e serviços realizados diariamente de acordo com os cursos ofertados, enquadrando-se como fonte geradora de RSS de maneira direta ou indireta. Como promotoras do desenvolvimento de tecnologias, estudo, pesquisa e fornecimento de informações, se, aliadas a práticas sustentáveis, podem colaborar para uma sociedade sustentável e justa por meio de uma responsabilidade ambiental (TAUCHEN; BRANDILI, 2006; CONTO *et al.,* 2010). Assim, a atuação ambiental dessas instituições é essencial em seus diversos setores e no oferecimento de serviços, pois também são responsáveis pela geração de resíduos, que podem gerar significativos impactos ambientais.

Nesse contexto, o presente trabalho busca diagnosticar a situação dos resíduos, utilizados em atividades de ensino e pesquisa, como laboratórios e clínicas de atendimento ao público, da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), a partir da aplicação de questionário aos responsáveis por cada um desses locais para elaboração de um diagnóstico atualizado referente às diferentes fases de manejo na referida instituição de ensino.

2 | METODOLOGIA

Essa pesquisa constituiu-se de um estudo descritivo e exploratório. A pesquisa exploratória tem como foco analisar o problema de pesquisa ainda não explorado, como no caso da referida IES, abordando ideias para possíveis discussões a respeito da situação dos resíduos gerados, determinando tendencias, identificando áreas e situações de estudo (SAMPIERI; COLADO; LUCIO, 2013). Além de proporcionar a elaboração de um diagnóstico atualizado da situação da geração dos RSS na instituição, proporciona mais informações sobre o assunto e pode facilitar a delimitação do tema da pesquisa. Dessa forma, é possível formular hipóteses ou analisar um assunto por um novo tipo de enfoque, de forma mais flexível, a fim de permitir o estudo de um tema em diversos ângulos e aspectos (PRODANOV; FREITAS, 2013).

O levantamento bibliográfico realizado no início desta pesquisa possibilitou o estabelecimento de uma associação de variáveis em relação ao descarte, fato que auxiliou na percepção da problemática, visando o caráter descritivo do estudo (GIL, 2008).

O presente estudo foi desenvolvido nos *Campi* da UNICENTRO, nas cidades de Guarapuava e Irati, Estado do Paraná, a qual possui três *Campi*: Santa Cruz, Cedeteg

e Irati, nas respectivas cidades. No presente estudo, foram selecionados os laboratórios dos *Campi* Irati e Cedeteg, pois a direção do *Campus* Santa Cruz informou não possuir laboratórios responsáveis por gerar RSS.

O trabalho buscou elencar questões relacionadas à forma do gerenciamento abordando as diferentes fases de manejo dos RSS nos principais laboratórios/serviços dos *Campi* incluídos neste estudo. Para isto, foi realizado um levantamento inicial junto à direção do *Campus* Cedeteg e do *Campus* de Irati para identificação dos principais pontos de geração desses resíduos, fato que possibilitou a identificação e distribuição de seus laboratórios/serviços.

Inicialmente, foi realizado o levantamento dos cursos e atividades desenvolvidas nos *Campi* e a identificação dos laboratórios geradores de RSS. O instrumento escolhido para realizar o estudo, foi construído para levantar as formas de seu manejo interno e externo dos diferentes tipos de resíduos (VEIGA, 2011). O questionário foi aplicado ao responsável de cada laboratório/serviço, técnicos ou estudantes de pós-graduação que atuavam com periodicidade no laboratório. No instrumento as perguntas eram divididas por etapas de manejo e as respostas correspondiam à informações semanais.

Os resultados obtidos foram digitados e organizados em planilhas do Excel, segundo cada etapa do gerenciamento de resíduos presente no questionário, de acordo com a classificação fornecida pela ANVISA para ese tipo de residuo (BRASIL, 2004, 2018).

A partir da análise dos dados, foram elaborados gráficos e tabelas, a fim de categorizar as respostas de acordo com cada etapa de manejo, proporcionando uma melhor visualização dos dados de acordo com as informações obtidas, possibilitando a elaboração de um diagnóstico da forma de gerenciamento dos resíduos gerados nos laboratórios/serviços participantes da pesquisa nos *Campi* da UNICENTRO.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

A problemática dos resíduos gerados em laboratórios é um tema discutido mundialmente, principalmente em países desenvolvidos, onde há preocupação com o desenvolvimento sustentável a partir da realização de práticas que minimizem a degradação do meio ambiente. Como uma hierarquia no gerenciamento, primeiramente deve ser assegurada a não geração destes, partindo para a redução e reaproveitamento (NOLASCO; TAVARES; BENDASSOLLI, 2006). Um dos objetivos da PNRS constitui-se a prática dos 3 R's (redução, reutilização e reciclagem) como forma de manter sob lei essa responsabilidade (BRASIL, 2010). De acordo com a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), foi determinado o termo "poluidor-pagador", adotado na Eco-92, que também remete o papel do gerador do resíduo e a sua responsabilidade pelo mesmo (BRASIL, 1981).

Nesse contexto, é importante salientar a relevância da consciência de cada

usuário do laboratório na universidade como responsável pelo resíduo gerado e também a preocupação que as Instituiçoes de Ensino Superior devem apresentar devido ao fato de que em seus estabelecimentos são gerados diversos tipos de resíduos, podendo ser agentes poluidores em meio à sociedade.

Nas universidades, os resíduos que “apresentam maior risco são gerados nos laboratórios de ensino, pesquisa/extensão” (SAQUETO, 2010, p.11), onde várias práticas ocorrem simultaneamente desconhecendo a natureza de seus reagentes. As IES de acordo com os serviços e atividades realizadas nos laboratórios são enquadradas como fonte geradora de RSS, sendo a periculosidade dos resíduos, resposta das atividades desenvolvidas.

No presente estudo, foram levantados um total de 101 laboratórios nos *Campi* em estudo, sendo 87 no *Campus* Cedeteg, e 14 laboratórios no *Campus* Irati. Dentre os laboratórios levantados, obteve-se retorno de 41 sujeitos (40,6%), 37 (36,6%) não devolveram ou preferiram não responder, 21 (20,8%) informaram não gerar RSS e 2 (2,0%) não responderam por motivo de licença/afastamento. Todos os laboratórios foram visitados pelo menos duas vezes para obtenção dos dados. Os resultados obtidos proporcionaram o levantamento de dados referente aos diferentes tipos de residuos gerados, classificados em biológicos, químicos, radioativos, comum perfurocortantes e outros, e também o conhecimento sobre a forma de manejo interno e externo desses resíduos na instituição.

Após a geração dos resíduos, ocorre a sucessão das diferentes fases de manejo. Como os RSS requerem maior atenção em todas suas fases, o questionário utilizado para este trabalho foi dividido em manejo interno e externo, segundo o conhecimento dos sujeitos. O manejo interno compreende a segregação, acondicionamento, armazenamento temporário, coleta interna, transporte interno e o manejo externo consiste na coleta, transporte, tratamento e disposição final. No ambiente interno, os RSS podem intensificar os riscos eminentes de acidentes e infecções nos locais em que são gerados, além de gerar condições sanitárias inapropriadas (GÜNTER, 2008). No manejo externo, muitos operadores que irão manusear os resíduos não têm conhecimento do tipo de resíduo gerado, dessa forma destaca-se a importância da realização adequada de todas fases do manejo interno para minimizar possíveis riscos de acidentes e contaminação posteriores.

A primeira etapa do manejo consiste na segregação, onde os resíduos devem ser separados no momento e no local de geração, de acordo com suas características físicas, químicas e biológicas, e os riscos que oferecem (BRASIL, 2004), necessitando ser segregados e gerenciados de forma correta a fim de promover a minimização de impactos dentro e fora do ambiente universitário.

Os dados obtidos quanto à segregação na IES foram organizados e apresentados de acordo com a o tipo de resíduos gerados em cada laboratório (Tabela1).

Grupo de Resíduo \ Segregação (%)	Realizada no Local	Realizada Posteriormente	Não é realizada	Não tem conhecimento	Não Respondido
Biológico	14	3	2	2	20
Químico	25	4	1	1	10
Perfurocortante	19	3	1	1	17
Comum	27	3	5	1	5
Outros	16	3	1	0	21

Tabela 1 - Distribuição dos diferentes tipos de resíduos gerados nos laboratórios/serviços da UNICENTRO, segundo seu modo de segregação

Fonte: Os autores

A segregação dos RSS é uma etapa primordial em todo gerenciamento, pois nela ocorre a separação dos resíduos, e deve acontecer no momento e local de sua geração, fato que proporciona a redução do volume desses resíduos e evita o encaminhamento desnecessário de outros tipos de resíduos, para posterior tratamento, minimizando os custos e promovendo a saúde dos trabalhadores (BRASIL, 2004; MACEDO *et al*,. 2007). Observa-se que a maioria dos resíduos é gerado e segregado no próprio local, obedecendo a legislação vigente, porém, nota-se que a quantidade de sujeitos que não responderam pode apontar um possível desconhecimento (Tabela 1).

Os resíduos comuns, mesmo que não apresentem as características de periculosidade presentes nos outros grupos de RSS, devem ser segregados de maneira adequada, pois, se enviados conjuntamente com os outros grupos de RSS, irão gerar um aumento na quantidade de resíduos potencialmente contaminados, elevando custos com tratamento, ao passo que, quando segregados adequadamente, esses resíduos podem ser reaproveitados (MARTINI, 2016), fazendo sua reinserção no ciclo produtivo, e consequentemente promovendo sua valorização (BRASIL, 2010).

A segunda etapa do manejo interno consiste no acondicionamento, onde os resíduos já segregados devem ser embalados em recipientes apropriados para cada tipo de resíduo, de forma que evitem vazamentos e resistam às ações de punctura e ruptura, ou qualquer outro dano que prejudique o acondicionamento destes (BRASIL, 2004).

Os sujeitos indicaram o acondicionamento mais encontrado em seus locais de

trabalho, destacando que em relação aos resíduos biológicos o maior percentual de respostas correspondia aos recipientes de plástico e sacos plásticos brancos (Figura 1).

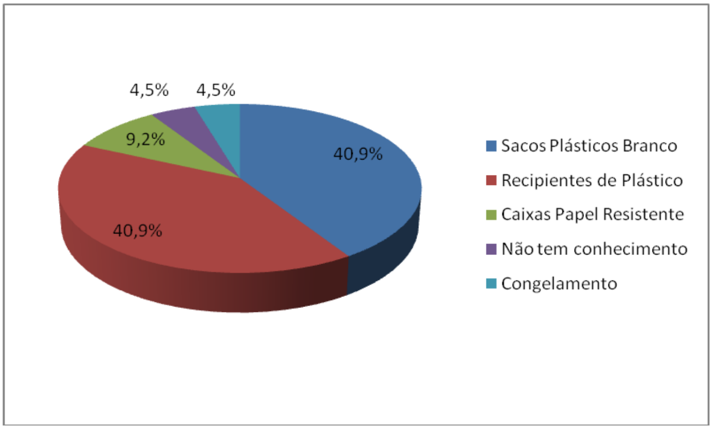


Figura 1 - Distribuição do método de acondicionamento dos resíduos biológicos gerados nos laboratórios/serviços da UNICENTRO.

Fonte: Os autores

Quando questionados sobre o acondionamento dos resíduos químicos, os sujeitos informaram que os recipientes mais utilizados eram os de plástico e vidro (Figura 2).

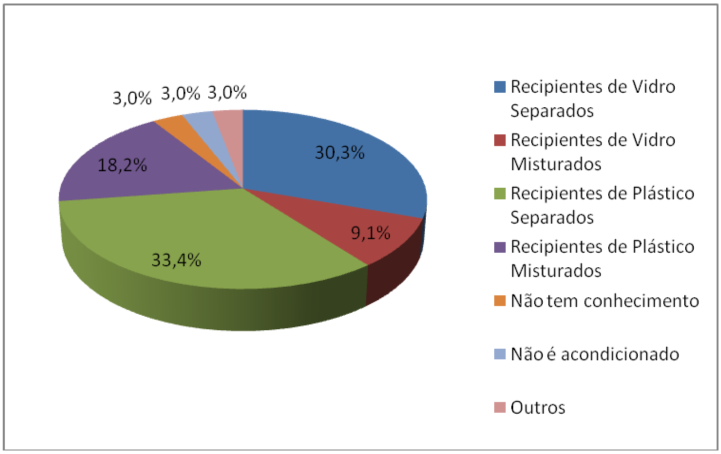


Figura 2 - Distribuição do método de acondicionamento dos residuos químicos gerados nos laboratorios/serviços da UNICENTRO.

Fonte: Os autores

O fato de haver grande variação no tipo de recipiente utilizado para acondionar os resíduos químicos, não significa que as normatizações estão sendo desrespeitadas. Os resíduos químicos devem “ser acondicionados, observadas as exigências de compatibilidade química dos resíduos entre si, assim como de cada resíduo com os materiais das embalagens de forma a evitar reação química entre os componentes do resíduo e da embalagem” (BRASIL, 2004, p.8).

Em relação aos resíduos perfurocortantes, dentre os 26 laboratórios geradores dessa classe, os sujeitos informaram, em sua maioria (73,1 %), que era acondicionado em recipientes de papelão, sendo relatado por 11,5% dos sujeitos que eram acondionados em recipientes de plástico e somente 15,4% informaram que os resíduos perfurocortantes eram acondicionados nas caixas “descarpack”. Esses dados demonstram que ainda existe uma falha no acondicionamento dos resíduos perfurocortantes que deveriam, em sua totalidade, serem acondicionados em recipientes com tampa, resistentes à punctura, ruptura e vazamento (BRASIL, 2004; 2018).

O acondicionamento significa a ação de dispor os resíduos em embalagens resistentes e com a capacidade adequada de acordo com a geração (BRASIL, 2004). Para a maioria dos sujeitos, o acondicionamento nas IES deve ser realizado no momento e local da geração. Observa-se que para os resíduos infectantes (biológicos e perfurocortantes) e resíduos comuns, os sujeitos possuem maior conhecimento da necessidade de acondicionamento adequado. Conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), resíduos infectantes como os biológicos, classificados como Classe I, deverão ser acondicionados em sacos plásticos na cor branca, leitoso. Nota-se que apenas uma parcela dos laboratórios da instituição enquadra-se na norma (ABNT, 2008).

Nesta etapa, a medida cabível é que estes devem ser acondicionados em embalagens próprias, de modo que resistam à ruptura e não excedendo dois terços do seu volume para que ofereça proteção em todo o processo. Assim como a segregação, é de grande importância que esta fase seja exercida de forma correta para uma continuidade efetiva ao processo de manejo (ABNT, 2013 ; SANTOS *et. al*, 2014).

Concomitante ao acondicionamento, para que ocorra um gerenciamento eficaz, é utilizada a identificação dos resíduos. Nos *Campi,* 63,4 % dos sujeitos informaram realizar identificação, 34,2 % indicaram que não era realizado e 2,4 % dos sujeitos não responderam. A identificação permite o reconhecimento dos resíduos depois de acondicionados para assegurar que o manejo ocorra de forma correta, realizada por meio de simbologia, cores diferentes, frases de forma visível e clara (BRASIL, 2006). A identificação possibilita que cada tipo de resíduo siga na coleta interna segundo sua especificidade para as posteriores fases. Devido às especificidades desses residuos, é necessário a utilização de diferentes tipos de tratamento, sendo fundamental um bom acondicionamento e identificação a fim de evitar acidentes nas demais fases de manejo.

O transporte interno corresponde “ao translado dos resíduos dos pontos de geração

até o local destinado ao armazenamento temporário ou armazenamento externo, com a finalidade de disponibilização para coleta" (BRASIL, 2006 p.45). De acordo com a NBR 12.809, o translado pode ser realizado manualmente obedecendo a normas de segurança para o trabalhador ou com carrinho apropriado. Em grande parte dos laboratórios é realizado manualmente, correspondendo a 78,1%, sendo que um sujeito também alegou utilizar carro da instituição, 2,4% informaram que utilizavam carrinho sem tampa, 7,3% dos sujeitos informaram que não era realizado, 12,2% não tinham conhecimento sobre o transporte (ABNT, 2013).

Quanto ao tratamento interno, 73,2% dos sujeitos alegaram não ser realizado, 17,1% realizavam tratamento interno e 9,8% não tinham conhecimento. Ainda de acordo com a NBR 12.809, alguns tipos de resíduos biológicos como, por exemplo, resíduos provenientes de culturas e fabricação de produtos biológicos dependem de tratamento prévio antes de deixar a unidade geradora (ABNT, 2013), sendo muitos desses resíduos gerados em IES.

A importância do tratamento dentro da instituição ocorre pela redução dos riscos ambientais e aos trabalhadores, a fim de garantir a não contaminação durante as outras etapas do manejo. Há diversos tipos de tratamento como esterilizações (à vapor, seco, gases, micro-ondas, plasma, radiações ionizantes e não ionizantes), autoclavação, encapsulamento, incineração, desinfecção química por meio da adição de produtos químicos e química/mecânica adicionando a etapa de trituração e incineração. . A incineração é o método mais utilizado, no Brasil, por assegurar a eliminação de micro-organismos patogênicos comumente presente nesses resíduos, onde é realizada a queima a elevadas temperaturas (800º C e 1000 ºC), demandando menor área, porém deve ser monitorado o lançamento de poluentes gerados na combustão. É considerado um tratamento adequado quando as características físicas, químicas e biológicas são alteradas, reduzindo ou eliminando riscos, ajustadas à legislação vigente, comprovada eficiência e condições de segurança (VILHENA, 2018).

A coleta e transporte correspondem às primeiras etapas do manejo externo. Quando indagados sobre essas fases de manejo, 9,8 % dos sujeitos informaram que a coleta era realizada pela prefeitura municipal, 2,4 % pelo Laboratório de Resíduos Químicos e 56,1 % dos sujeitos informaram que era coletado por outra empresa. De todos os respondentes, 26,9 % não tinham conhecimento sobre coleta externa e 2,4% alegou que não era realizada pelo laboratório/serviço e 2,4 % não respondeu. Em relação aos sujeitos que relataram ser coletado por outra empresa, somente cinco alegaram ter conhecimento sobre a empresa.

Para o transporte externo, 48,8% dos sujeitos declararam ser utilizado veículo para resíduos especiais, não ocorrendo a presença de veículo exclusivo para resíduos recicláveis, 9,8 % utilizavam carro para coleta de resíduo comum, 39,0% informaram não ter conhecimento, 2,4 % utiliza outra forma de coleta externa.

Em relação ao tratamento externo, 61,0 % dos sujeitos não tinham conhecimento sobre o tratamento externo, 24,4 % afirmaram ser realizado o tratamento, mas não

informaram qual o tratamento de cada tipo de resíduo, 7,3 % relataram não ser realizado e 7,3 % não responderam essa questão.

A disposição final é a última etapa do gerenciamento dos RSS, caracterizada pelas instalações e processos para que o resíduo seja disposto adequadamente do ponto de vista ambiental e sanitário, de acordo com as legislações do órgão ambiental competente com vistas a minimizar possíveis implicações ao meio ambiente e à saúde humana. Nesse estudo, foi possível observar o pouco conhecimento dos sujeitos referente a disposição final dos RSS nessa instituição (Figura 3).

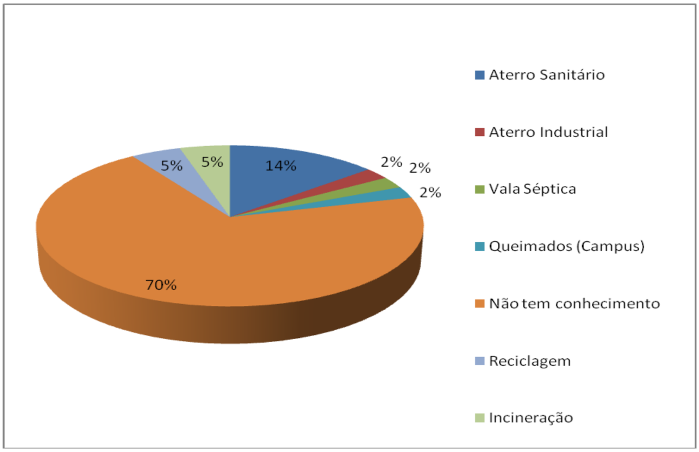


Figura 3 - Distribuição do método de disposição final dos residuos gerados nos laboratorios/ serviços da UNICENTRO.

Fonte: Os autores

O aterro sanitário e o aterro industrial são instalações apropriadas para destino de resíduos, com impermeabilização e em local adequado seguindo normas para garantir a redução do impacto da disposição (VILHENA, 2018). Contudo, os RSS devem receber um prévio tratamento antes de serem encaminhados ao aterro sanitário, visando a eliminação de patógenos, como quando são incinerados e somente as cinzas são enviadas para disposição em aterro.

Com relação ao manejo externo, foi possível observar a ausência de conhecimento da maioria dos sujeitos. A coleta externa de resíduos comuns (classe D) é realizada por órgãos públicos e de acordo com a legislação, deve ser enviado ao aterro sanitário. No entanto, os resíduos de outras classes como A, B e E não podem compartilhar da mesma forma de manejo, pois, necessitam de tratamentos específicos e uma disposição ambientalmente adequada (BRASIL, 2004; 2010; 2018).

De acordo com a legislação, o estabelecimento gerador desses tipos de resíduos

deve se responsabilizar por todas etapas de manejo, tanto interno como externo, sendo assim, mesmo que haja coleta terceirizada, a IES precisa garantir o controle de seus resíduos e a realização segura de todas fases de manejo (BRASIL, 2005).

Comumente são realizadas contratações de empresas especializadas em instituições públicas para realizarem este serviço, assim a falta de conhecimento em relação a disposição final é reflexo desta situação. Todavia, as instituições devem averiguar se a empresa terceirizada contratada para realização do manejo externo possui licença de órgãos ambientais e cumpre os requisitos das leis vigentes (VEIGA, 2011). O controle do manejo externo dos resíduos deve ser periódico, lembrando que a fonte geradora é corresponsável por todas etapas do manejo (BRASIL, 2010).

Dentre os dados obtidos, observa-se a falta de um Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS), pois 56,1 % dos sujeitos afirmaram não existir; 19,5 % não tinham conhecimento, 2,4% não respondeu e apenas 22,0 % indicaram existir, contudo, a instituição ainda não possui esse plano. O PGRSS é um documento necessário em casos de presença da geração de RSS, como no caso estudado. Esse plano deve ser fundamentado nas normas vigentes e apresentar detalhadamente a forma que ocorrerá o manejo dos resíduos intra e extraestabelecimento, sendo umas das exigencias da RDC nº 222, da ANVISA, e a Resolução nº 358, do CONAMA (BRASIL, 2005; 2018). O plano é aplicado como uma forma de nortear os indivíduos e sistematizar o gerenciamento dos resíduos, apresentando as atividades e práticas corretas a serem realizadas em todo processo de manejo, que deve estar adequado a legislação vigente, sendo disponibilizado para consulta dos trabalhadores locais e público em geral.

Inicialmente, deve ser considerada uma reflexão e questionamentos a respeito da instituição como geradora, o repensar sobre o desenvolvimento de práticas em laboratórios e os impactos causados de forma a minimizá-los. Destaca-se, ainda, a possibilidade de produção de pesquisas científicas dentro da universidade que abordem o tema e a integração de diferentes áreas. A familiarização com o problema pode impulsionar a padronização de um plano eficaz e promover mudanças comportamentais na comunidade acadêmica por meio de educação ambiental que possibilite uma maior conscientização para o correto gerenciamento dos resíduos (CONTO, 2010).

As universidades possuem suas particularidades na geração de resíduos devido aos diferentes serviços prestados, atividades laboratoriais relacionadas a cada curso e diversas linhas de pesquisa, impactando diretamente nas espécies e volumes gerados (NOLASCO; TAVARES; BENDASSOLLI, 2006). Um diagnóstico atualizado disponibiliza um maior conhecimento para elaboração e implantação de um PGRSS que possibilite a implantação de ações efetivas para otimizar o manejo desses residuos.

4 I CONCLUSÃO

Estudos na área de gestão de resíduos poderiam ser explorados a fundo nas IES, integrando várias áreas de pesquisa para que a realização de uma gestão integrada e eficaz, visando à responsabilidade ambiental, melhoria de custos, logística e saúde. Nesse sentido, é fundamental a elaboração de um diagnóstico atualizado da situação do gerenciamento dos resíduos, pois permite aos sujeitos um maior conhecimento e sensibilização para proposição de melhorias a partir de uma padronização dos procesos de manejo dos resíduos nos *Campi.*

Mesmo que as leis aplicáveis para o gerenciamento de resíduos sejam as mesmas para qualquer estabelecimento responsável por gerar RSS, a universidade possui suas particularidades na geração de resíduos, sendo caracterizado por sua grande diversidade, além da rotatividade das pessoas que os manuseiam. Dessa forma, é necessário a elaboração e implementação do PGRSS, além da atualização permanente de dados referente ao gerenciamento dos resíduos nessas instituições que além de ter uma responsabilidade legal, devem apresentar uma responsabilidade ambiental e social perante à comunidade.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, S.M.V.G.; JURAS, I.A.G.M. **Comentário à Leis dos Resíduos Sólidos: Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**, Editora Pillares, 2011, 255 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9.191**: Sacos Plásticos para acondicionamento de lixo – Requisitos dos métodos de ensaio. Rio de Janeiro: 2008. 10 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12.809**: Resíduos de Serviço de Saúde – Gerenciamento de resíduos de serviço de saúde intraestabelecimento. Rio de Janeiro: 2013. 14p.

BRASIL. Política Nacional do Meio Ambiente. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Institui a Política Nacional do Meio Ambiente. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 02 set. 1981.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução n° 5, de 5 de agosto de 1993. Dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários e estabelecimentos prestadores de serviços de saúde. **Diário Oficial da União.** Brasília, DF, 31 ago. 1993.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 306, de 07 de setembro de 2004. Dispõe sobre o regulamento técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 10, dez. 2004.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n° 358. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos de saúde e dá outras providências. **Diário Oficial da União.** Brasília, DF, 04 maio 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Manual de Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde.** Brasília, DF, 2006.

BRASIL. Política Nacional dos Resíduos Sólidos. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 03 ago. 2010a.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 222, de 28 de março de 2018,. Regulamenta as Boas Práticas de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde e dá outras providências. **Diário Oficial da União.** Brasília, DF, 29 mar. 2018.

CONTO, S. M. **Gestão de resíduos em universidades**, Educs, Caxias do Sul, RS. Educs: 2010, 319 p.

GIL. A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed, Editora Atlas, São Paulo, 2008, 216 p.

GÜNTER, W. M. R. **Resíduos Sólidos no Contexto da Saúde Ambiental**. Livre Docência. Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, 2008.

MACEDO, L. C.; LAROCCA, L. M.; CHAVES, M. M. N.; PERNA, P. O.; MUNTSCH, S. M. A.; DAMACENO, E. F. C.; SOUZA, T. S.; POLIQUESI, C. B.; TRUPPEL, T. C. ; SOUZA, C. Segregação de resíduos de serviços de saúde: A educação ambiental em um hospital-escola. **Cogitare Enfermagem**. Abr/Jun, 2007. p. 183-188.

MARTINI, A. A. **Estudo de alternativa de valorização de resíduos de serviços de saúde advindos de processo de desinfecção por desativação eletrotérmica (ETD)**. Dissertação. Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

NOLASCO, F. R.; TAVARES, G. A.; BENDASSOLLI, J. A. Implantação de programas de gerenciamento de resíduos químicos laboratoriais em universidades: análise crítica e recomendações. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**. vol 11. 118-124 p. abril/jun, 2006.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed.** Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2009.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. D. P. B. **Metodologia de Pesquisa**. 5 ed. Editora Penso: Porto Alegre, 2013.

SANTOS, T. R.; ROCHA, É. M. F. M.; ROCHA, R. ; PORTELA, R. A. Acondicionamento dos resíduos sólidos de serviços de saúde nas unidades básicas de Saúde (UBS) do município de Caiacó/ RN. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, vol. 10, 46-57 p. 2014.

SAQUETO, K. C. **Estudo dos resíduos perigosos no campus de Araras da Universidade Federal de São Carlos visando a sua gestão**. Dissertação, Universidade Federal de São Carlos, 2010.

TAUCHEN, J.; BRANDLI, L. L. A gestão ambiental em instituições de ensino superior: modelo para implantação em campus universitário. **Revista Gestão & Produção**. v 13, n.3, p. 503-515, set/dez. 2006.

TONETO JR., R.; SAIANI, C. C. S.; DOURADO, J. **Resíduos Sólidos no Brasil: oportunidades e desafios da lei federal nº 12.305**. Barueri, SP: Minha Editora: 2014. 423 p.

VEIGA, T. B. **Diagnóstico da situação do gerenciamento de resíduos perigosos no Campus da USP de Ribeirão Preto – SP**. Tese, Faculdade de Saúde Pública. Universidade de São Paulo, 2011.

VILHENA, A. **Lixo Municipal**: Manual de Gerenciamento Integrado. 4 ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2018. 316 p.

CAPÍTULO 4

AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO DO SHOPPING MEGA MODA PARK, EM GOIÂNIA-GO

Data de aceite: 01/04/2021

Rafaella Ferreira Rodrigues Almeida
Instituto Federal de Goiás (IFG) campus Goiânia

Viníciu Fagundes Bárbara
Professor do Instituto Federal de Goiás (IFG), campus Goiânia, e Perito Ambiental do Ministério Público de Goiás (MP-GO)

Rosana Gonçalves Barros
Professora do Instituto Federal de Goiás (IFG) campus Goiânia

RESUMO: Os avanços irrefreáveis das cidades, juntamente com a ineficiência do Planejamento Urbano, aumentam a degradação ambiental e urbanística. A Avaliação Pós-Ocupação (APO) surgiu com o intuito de complementar as atuais ferramentas de Planejamento Urbano, mensurando e avaliando a pós-ocupação de ambientes construídos. O presente trabalho teve como objetivo identificar os impactos ocasionados a moradores e comerciantes próximos ao Shopping Mega Moda Park, localizado em Goiânia-GO, além de propor possíveis soluções às problemáticas encontradas. A pesquisa restringiu-se à avaliação comportamental, aferindo a opinião de moradores e comerciantes próximos ao shopping com a aplicação de questionários. Verificou-se que 100% dos entrevistados concordaram com sua localização, e, além de trazer valor econômico para a região, o shopping foi responsável por gerar mais empregos para a população local, tendo avaliação positiva do público-alvo de 80% e 100%, respectivamente. Percebeu-se, também, o surgimento de incômodos, pois todos os participantes da pesquisa relataram que o fluxo de veículos teve aumento significativo, além do aumento na alteração da paisagem, percebida por 87% dos participantes. 84% dos respondentes também notaram o aumento na geração de resíduos sólidos e a falta de coletores seletivos na região. Portanto, esta APO vem dar subsídios aos elaboradores de planos diretores municipais e de demais estudos de ordem urbana e ambiental, para que estes descubram os pontos positivos e negativos ocasionados às populações vizinhas de grandes empreendimentos, visando o planejamento adequado de atividades similares.

PALAVRAS-CHAVE: Planejamento urbano, degradação ambiental, APO, impactos ambientais.

POST OCCUPATION EVALUATION OF MEGA MODA PARK MALL IN GOIANIA-GO

ABSTRACT: The unstoppable advances of cities, coupled with inefficient of urban planning, increase environmental and urban degradation. The Post Occupation Assessment (APO) was created with the purpose of complementing the current urban planning tools, measuring and evaluating the post occupation of built environments. This work aimed to identify the impacts caused to residents and merchants near the Mega Moda Park Mall, located in Goiânia-GO, besides proposing possible solutions to the problems encountered. The survey was restricted

to behavioral evaluation, measuring the opinion of residents and merchants near the mall with the application of questionnaires. It was found that 100% of the interviewees agreed with its location, and in addition to bringing economic value to the region, the mall was responsible for generating more jobs for the local population, with a positive representation of the target audience of 80% and 100%, respectively. It was also noticed that there were inconveniences, since all the participants in the survey reported that the traffic flow had increased significantly, in addition to the increase in noise pollution, perceived by 87% of the participants. 84% of the respondents also noted the increase in waste generation and the lack of selective collectors in the region. Therefore, this APO gives subsidies to the elaboration of municipal master plans and to the elaboration of other urban and environmental studies, so that they can discover the positive and negative points caused to the neighboring populations of large enterprises, aiming at the adequate planning of similar activities.
KEYWORDS: Urban planning, environmental degradation, APO, environmental impacts.

INTRODUÇÃO

As intervenções humanas no ambiente, em ritmo exacerbado, estão alterando a dinâmica da natureza nas escalas regionais e principalmente locais (GAMA e MACEDO, 2014). A Organização das Nações Unidas (ONU, 2019) antevê que o número absoluto de habitantes urbanos irá dobrar em 2030 em comparação com 2010, e as contas do Banco Mundial indicam que a área global construída será três vezes maior, na mesma data (PRIZIBISCZKI, 2013).

O auge do desenvolvimento urbano brasileiro durou cerca de cinquenta anos, ocorrendo concomitantemente com seu processo de industrialização. Em consequência disso, Bortoleto *et al.* (2006) afirmam que muitas cidades brasileiras não possuem um planejamento adequado, ou não cumprem o que estabelece a legislação. O avanço irrefreável das cidades, juntamente com a ausência e/ou ineficiência do planejamento urbano, indica um dramático aumento na demanda por energia e custos de novas infraestruturas, uso e ocupação desordenada do solo, degradação ambiental e urbanística, conflitos de interesse, geração de tráfego e demanda por transporte público, valorização imobiliária, gentrificação e outros tantos problemas associados (PRIZIBISCZKI, 2013; ALVES, 2015).

As transformações impostas pelos avanços tecnológicos produzem, também, mudanças na conduta da sociedade contemporânea e um crescente desenvolvimento nos mais diversos setores produtivos, dentre eles, destacam-se os resultantes da presença de expressões do setor terciário, tais como: o comércio informal de rua, os edifícios destinados a serviços especializados e os Shopping Centers (DARODA, 2012). De modo geral, os impactos gerados por estes empreendimentos não podem apenas ser considerados restritos às questões de mercado, pois, o tamanho, a localização, a configuração da malha viária de acesso, o tipo de sistema de carga e descarga de produtos e a importância desse tipo de empreendimento influenciam diretamente em toda a estrutura urbana local (OLIVEIRA

e DOMINGUES, 2015).

Tais problemas são desencadeados de forma mais intensa em grandes metrópoles, como no caso do Município de Goiânia, classificado como “Metrópole Regional”. Planejada inicialmente para 50 mil habitantes, Goiânia sofreu um processo de crescimento populacional desordenado e rápido, o que não estava previsto em seu plano urbanístico (CUNHA e BORGES, 2015). Em 2018, sua estimativa populacional já ultrapassava 1.466.105 habitantes, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019).

Devido aos impasses ocasionados pelo crescimento urbano acelerado, foi legitimada a Lei Federal nº 10.257, de 10 julho de 2001, conhecida como Estatuto da Cidade, que trouxe uma nova concepção de expansão urbana, com embasamento na gestão participativa, proporcionando um amparo jurídico para o planejamento e gestão democráticos das cidades (ANTONELLO, 2013). O Estatuto da Cidade estabelece as diretrizes gerais da política urbana e objetiva o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade, a fim de garantir o direito às cidades sustentáveis, mediante investimentos em infraestrutura física e social, pagos pelos impostos de todos (BRASIL, 2019).

Segundo Chamié (2010), o Estatuto da Cidade contempla, também, as instruções para a elaboração do Plano Diretor Municipal e as diretrizes para a elaboração da lei de Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV). O primeiro é obrigatório para municípios brasileiros com mais de 20 mil habitantes e define estratégias específicas que visam a expansão ordenada das cidades (BRASIL, 2019). O EIV, por sua vez, é um dos principais instrumentos de democratização da cidade e tem como objetivo avaliar os impactos decorrentes de novos empreendimentos, tanto na fase de construção, quanto de operação, mediando, assim, os interesses privados dos empreendedores juntamente com os moradores e usuários do entorno, a fim de garantir a qualidade de vida no município (GOIÂNIA, 2019).

Na complementação de tais ferramentas de Planejamento Urbano, pode-se mencionar a inclusão do instrumento de Avaliação Pós-Ocupação (APO) (VILLA *et al.* 2016). A APO trata-se de um mecanismo para mensuração e avaliação pós-ocupação com base no olhar das necessidades do usuário. O uso dessa metodologia viabiliza um maior entendimento das técnicas aplicadas a determinada construção e dos impactos positivos e negativos obtidos após sua implantação (VILLA e ORNSTEIN, 2013).

A APO distingue-se de outros tipos de avaliação aplicada ao ambiente construído tanto por interferir diretamente em seu processo de produção, quanto por valorizar a opinião do usuário, em complementação ao ponto de vista dos especialistas (ELALI e VELOSO, 2004).

De acordo com Baratella (2011), outro ponto importante na APO são os indicadores de sustentabilidade dos ambientes construídos, sejam residenciais ou comerciais, necessários para a avaliação de seu desempenho e impactos, para a definição de metas, para avaliação de práticas típicas e para melhorar a qualidade da construção. Ainda segundo o mesmo autor, devem-se considerar não apenas as questões ambientais e de

desempenho energético, mas também, as questões econômicas e sociais para que se englobe o conceito de sustentabilidade como um todo.

Segundo dados divulgados pela Junta Comercial do Estado de Goiás (JUCEG, 2019), Goiânia foi a cidade do Estado de Goiás que mais registrou abertura de novos empreendimentos no ano de 2018 e início de 2019, apresentando um crescimento de 33,07% em relação a 2017. Tais atividades comerciais possuem potencial de alteração significativa do meio ambiente, como o aumento da alteração da paisagem e do tráfego do trânsito, em razão do maior adensamento populacional na região metropolitana. Portanto, se faz de suma importância realizar a APO de grandes centros comerciais, como o Shopping Mega Moda Park.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo identificar os impactos positivos e negativos ocasionados a moradores e comerciantes que estão situados dentro do raio de influência direta do Shopping Mega Moda Park, localizado em Goiânia-GO, e concomitantemente, propor possíveis soluções às problemáticas encontradas.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no Município de Goiânia, no Setor Central, especificamente no entorno do complexo Mega Moda Park, objeto de estudo desta pesquisa, que possui as seguintes coordenadas geográficas: Latitude S 16º 39’41.53” / Longitude O 49º 15’14.31”, como mostra o Figura 1. Este empreendimento é circundado, estrategicamente, pelas avenidas Independência, Contorno e Alameda Marginal Botafogo, consideradas importantes vias de acesso à região da Rua 44, vista como o maior polo de moda atacadista do Brasil.

A primeira etapa do Mega Moda Park foi consolidada e inaugurada no mês de outubro de 2018, a segunda concluída em julho de 2019 e as demais estão sendo planejadas e definidas, conforme aprovação dos órgãos pertinentes da Prefeitura Municipal de Goiânia, com conclusão prevista para o ano de 2023.

Hoje, o Mega Moda Park possui uma área construída de 16.542,03 m², composta por 500 lojas, sendo 6 de alimentação, 464 de comércio variado, 30 quiosques, praça de eventos, vagas de estacionamento para carros e 80 vagas destinadas a ônibus em estacionamento, localizado no subsolo (MINAMI e MOTA, 2018).

Este complexo comercial será o primeiro do Estado de Goiás a usufruir de um telhado verde na sua cobertura, com gerenciamento e compostagem de resíduos orgânicos, produção de hortaliças, juntamente com geração de energia elétrica por meio de sistema fotovoltaico, os quais serão implantados na 5° e última etapa de construção (MINAMI e MOTA, 2018).

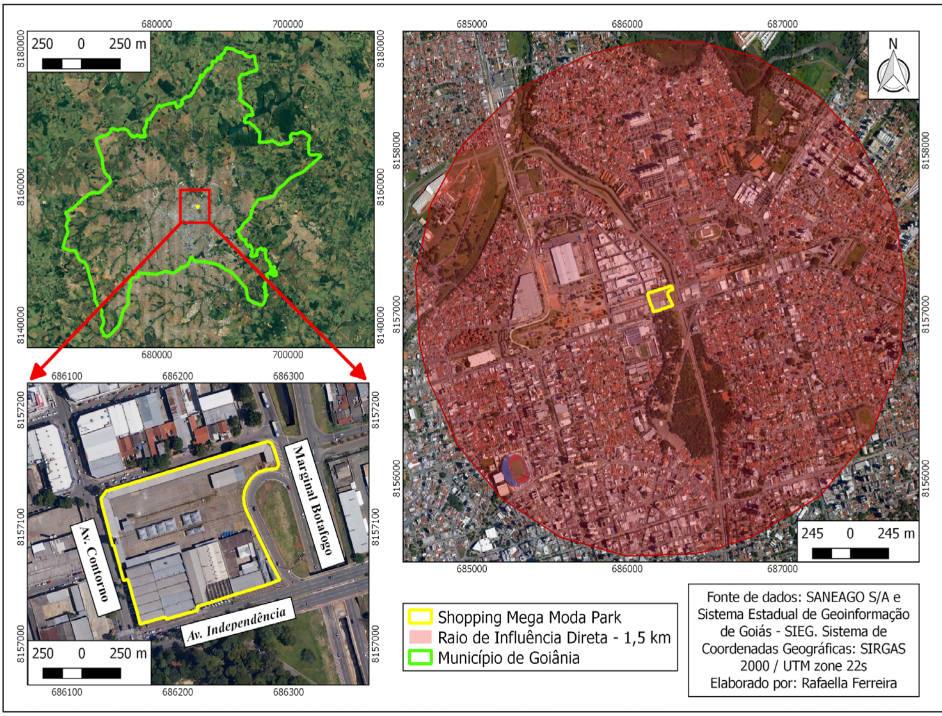


Figura 1. Localização do Shopping Mega Moda Park, em Goiânia – GO.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A pesquisa foi realizada no período compreendido entre janeiro a novembro de 2019, fundamentando-se na metodologia de APO (2002), que aborda um conjunto de métodos e técnicas de avaliação de desempenho aplicado no decorrer do uso de qualquer tipo de empreendimento construído, sejam eles: escolas, hospitais, centros comerciais, empreendimentos habitacionais, dentre outros (ABIKO e ORNSTEIN, 2002).

Restringiu-se a pesquisa à avaliação comportamental - um dos instrumentos da APO - por meio do método quantitativo, aferindo a opinião de moradores e comerciantes próximos ao Mega Moda Park, com a aplicação de questionários (ONO *et al*. 2018). Vale ressaltar que durante a aplicação dos questionários em campo, os participantes tiveram acesso ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) - documento exigido pelo Comitê de Ética e Pesquisa para pesquisas de opinião - que tem o objetivo de explicar detalhes do estudo sobre o qual o participante, com idade igual ou superior a 18 anos, se propõe a participar.

A avaliação comportamental trata exatamente do ponto de vista dos cidadãos, que sofrem influência direta pelo ambiente construído, e é avaliada pela aplicação de questionários e entrevistas (VIANNA e ROMÉRO, 2002). Optou-se por aplicar um questionário à população residente e aos comerciantes que se encontravam próximos

ao complexo comercial, com 17 questões, sendo quatro para caracterizar o entrevistado, dez perguntas estruturadas e três não-estruturadas. A técnica adotada foi a de entrevista, face-a-face, com a possibilidade de interação com os usuários, de modo que as questões poderiam ser esclarecidas em caso de dúvidas, e as respostas bem registradas, com observações adicionais (ONO *et al*. 2018).

Optou-se pelo tipo de amostragem não probabilística intencional. O recorte da amostragem da pesquisa foi delimitado a 30 pessoas, sendo 15 moradores e 15 comerciantes, cujas residências e comércios localizavam-se dentro da área de influência direta do empreendimento, definida por um raio de 1,5 km do complexo (Figura 2), como legitima a Lei Municipal nº 8.646 de 2008, que dispõe sobre as diretrizes para elaboração dos Estudos de Impacto de Vizinhança da Cidade de Goiânia.

O questionário aplicado restringiu-se às seguintes perguntas:

1) Gênero?

2) Idade?

3) Qual o grau de escolaridade?

4) Reside há quanto tempo neste imóvel?

5) Sabe da existência do Shopping Mega Moda Park?

6) Concorda com a localização deste empreendimento (Av. Independência)?

7) Participou de alguma pesquisa de opinião em relação à construção deste shopping?

8) Sabe da necessidade de autorização da Prefeitura Municipal de Goiânia para aprovação de projeto/empreendimento onde o Mega Moda Park está localizado?

9) Sabia que foi realizado um Estudo de Impacto de Vizinhança antes da construção do Mega Moda Park?

10) Acha que a implantação do Mega Moda Park contribuiu para a valorização imobiliária da região?

11) Acha que este empreendimento gerou mais empregos para a população local?

12) Acha que com o funcionamento do Mega Moda Park o fluxo de trânsito e a demanda por transporte público aumentaram?

13) Percebeu alguma melhoria na região após a implantação do Mega Moda Park? Se sim, quais foram?

14) Acha que o Shopping implantou alguma medida visando a segurança da população vizinha? Se sim, quais foram?

15) As atividades do Mega Moda Park estão gerando algum tipo de incômodo para sua pessoa? Qual?

16) Após a construção do Shopping Mega Moda Park houve aumento ou piora nas

vendas do comércio?

17) Acha que o trânsito na região influenciou diretamente nas vendas do comércio?

Após a aplicação dos questionários e posterior tabulação dos dados obtidos, os mesmos foram analisados para, em seguida, serem elaborados gráficos e uma figura temática para espacialização dos pontos amostrados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Verifica-se na Figura 2 a espacialização dos pontos amostrados, isto é, os locais selecionados para a aplicação dos questionários. É importante salientar que durante a escolha dos pontos, buscou-se sempre verificar se as coordenadas do local encontravam-se dentro do raio de 1,5 km do shopping (empreendimento em estudo) e se os pontos escolhidos faziam com que a amostra fosse representativa.

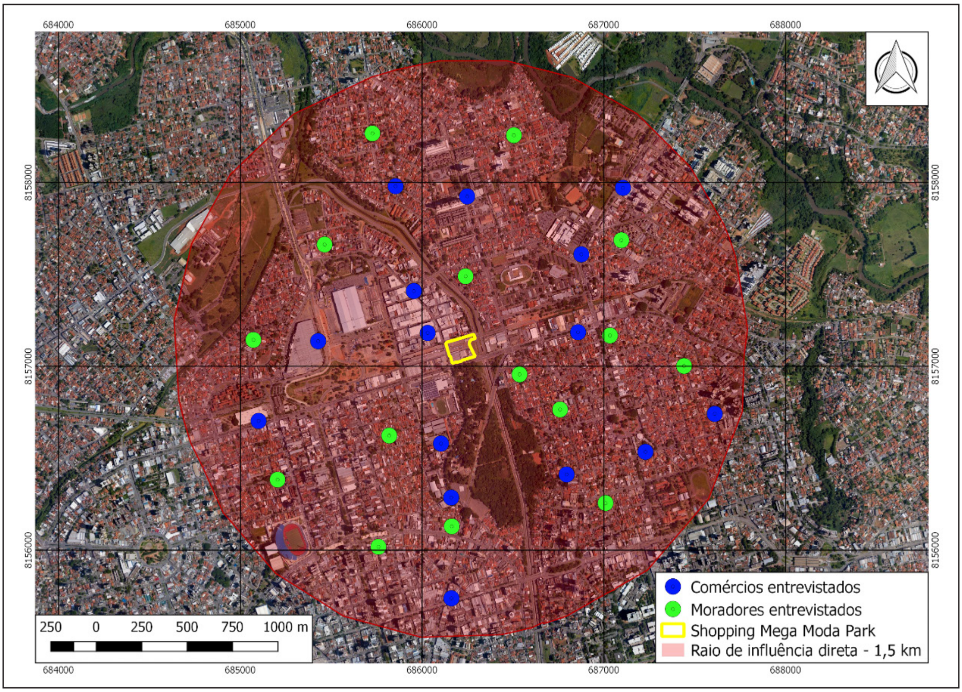


Figura 2. Espacialização dos pontos de amostragem.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Mediante a aplicação dos questionários e entrevistas *in loco*, foi possível coletar informações do público alvo que está exposto diretamente aos impactos positivos e negativos advindos da construção do Shopping Mega Moda Park.

Verifica-se na Figura 1 que 57% dos entrevistados eram do sexo masculino e 43% do sexo feminino. A faixa etária dos entrevistados ficou entre 18 e acima de 56 anos de idade (Figura 2), sendo que 54% da amostra total possuía Ensino Superior Completo (Figura 3). Notou-se também que 40% dos entrevistados residiam ou trabalhavam na região há mais de 10 anos (Figura 4).

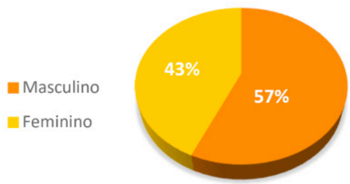


Figura 1. Percentual do gênero dos entrevistados.

Fonte: Elaborado pelos autores.

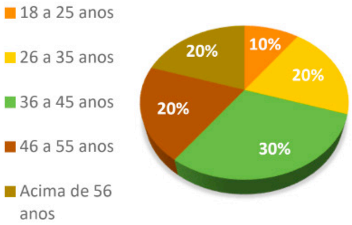


Figura 2. Estimativa da faixa etária dos entrevistados.

Fonte: Elaborado pelos autores

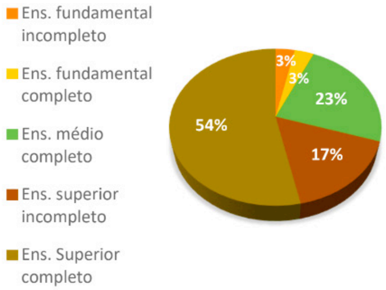


Figura 3. Nível de escolaridade dos moradores e comerciantes entrevistados.

Fonte: Elaborado pelos autores.

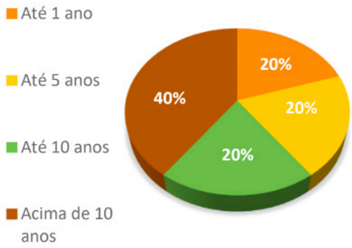


Figura 4. Período em que os entrevistados habitam ou trabalham na região de estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Verificou-se que 100% dos entrevistados tinham conhecimento da existência do shopping em estudo e 74% dos moradores e comerciantes concordaram com sua localização na Avenida Independência, considerada uma avenida comercial (Figura 5). Alves (2013) encontrou resultado semelhante, ao aplicar questionários relacionados a empreendimentos residenciais em Goiânia em que, do total de residentes entrevistados, 63% concordaram com a localização da implantação de um novo condomínio residencial, o que pode ser explicado pela expectativa dos moradores no que diz respeito à valorização imobiliária.

Quando questionados sobre a participação em alguma pesquisa de opinião sobre a

construção do empreendimento, 100% dos entrevistados disseram que não participaram e que não tinham ciência da obrigatoriedade desse tipo de pesquisa com a vizinhança (Figura 5). Pasqualetto *et al.* (2013), ao realizarem uma pesquisa sobre o Shopping Passeio da Águas, também em Goiânia, concluíram que 96% de seus entrevistados desconheciam a aplicação de pesquisa de opinião, o que levou a concluir que, possivelmente, o EIV elaborado para o empreendimento não teve a participação efetiva da sociedade vizinha. Nesse sentido, a Lei nº 8.646, de 23 de julho de 2008, que dispõe sobre o EIV no Município de Goiânia - Anexo II -, esclarece a obrigatoriedade de ser realizada uma pesquisa de opinião pública a respeito do empreendimento a ser construído e das intervenções previstas, prioritariamente junto aos moradores da área de influência direta.

Do público alvo, 83% dos moradores e comerciantes não tinham conhecimento de que foi realizado um EIV para o centro comercial Mega Moda Park, antes de sua construção (Figura 5). O novo conceito de Planejamento Urbano exige uma participação popular cada vez mais presente, como forma de contraposição à dominação mercadológica dos espaços urbanos. Portanto, deve-se convidar a participar da elaboração do EIV a população que será presentemente afetada pelos impactos do empreendimento, bem como, tanto quanto possível, aqueles que participarão do futuro da produção daquele espaço urbano delimitado (BACELLAR, 2016).

Alves (2013), ao aplicar questionários para moradores de condomínios residenciais em Goiânia, afirma que 99% dos entrevistados também não tinham conhecimento sobre a dispensa do EIV para os empreendimentos residenciais, demonstrando, assim, que muitos brasileiros desconhecem normas e leis que estão em vigência em seus municípios. Ainda de acordo com o autor, o desconhecimento do EIV e a ineficaz divulgação das audiências públicas – outra obrigatoriedade ao se elaborar um EIV – dificultam a manifestação da população contrária ao projeto, que sofre com os incômodos da construção e pós-construção de tais empreendimentos.

Sobre a autorização da Prefeitura de Goiânia para a construção do Shopping Mega Moda Park, apenas 64% dos entrevistados disseram ter conhecimento da necessidade deste tipo de permissão (Figura 5). De acordo com a Lei nº 14 de 29 de dezembro de 1992, Art.111, que dispõe sobre o Código de Posturas do Município de Goiânia, essa autorização é um documento concedido pela prefeitura, que comprova que o funcionamento do estabelecimento atenderá às normas de zoneamento e uso do solo urbano, o que torna necessária sua obtenção antes do início do exercício de qualquer atividade econômica (GOIÂNIA, 2019).

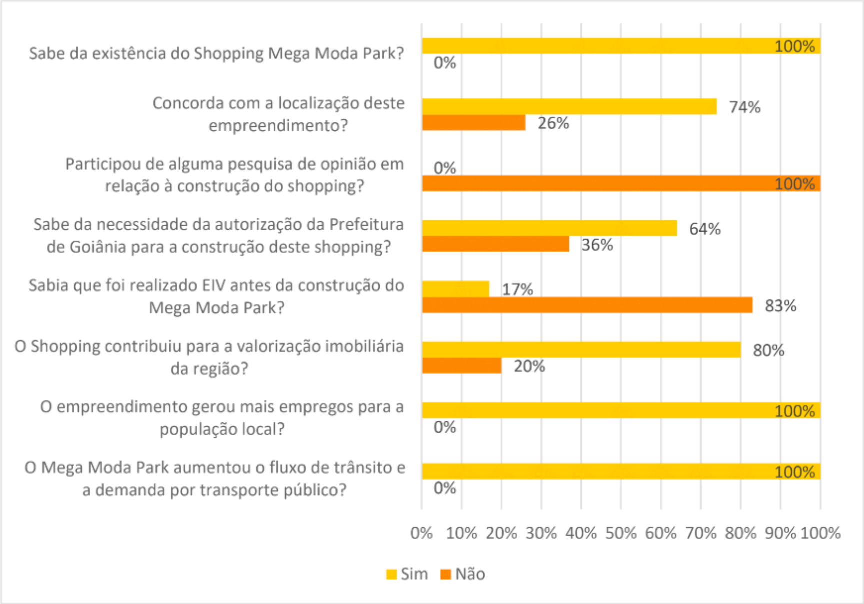


Figura 5. Demonstração gráfica dos resultados obtidos das perguntas estruturadas.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em relação à valorização imobiliária da região com a implantação do shopping, 80% dos participantes concordaram que o empreendimento agregou valor econômico imobiliário à região, além da própria valorização comercial (Figura 5). Segundo Cobalchini e Tabalipa (2018), com um bom planejamento, o empreendimento pode ser direcionador do crescimento urbano, levando para a região uma série de benefícios da qual está desprovida, como infraestrutura básica e desenvolvimento socioeconômico, por exemplo.

Observa-se, no Figura 5, que 100% dos entrevistados concordaram que o shopping contribuiu para a geração de mais empregos para a população local, mas, vale ressaltar que além da geração de empregos formais, também houve grande aumento no número de trabalhadores informais na região. Segundo dados divulgados pela Associação Comercial, Industrial, e de Serviços do Estado de Goiás (ACIEG), o Mega Moda Park registrou, no mês de junho de 2019, aumento de 4% no fluxo de consumidores, em relação ao mês de maio do mesmo ano. Ao todo, em junho, 111 mil clientes estiveram no shopping atacadista e 107 mil em maio, justificando assim, a alta presença de trabalhadores informais no entorno do shopping (ACIEG, 2019).

Minami e Mota (2018) afirmam que a Guarda Civil Metropolitana de Goiânia realiza o apoio aos agentes da prefeitura que fiscalizam as atividades urbanas na região do shopping, principalmente o comércio de ambulantes irregulares e a ocupação de passeios públicos, além de orientar a população que visita o local sobre os cuidados para evitar

furtos e roubos.

Quando questionados sobre o aumento do fluxo de trânsito e da demanda por transporte público na localidade, 100% dos entrevistados disseram que perceberam um aumento significativo no fluxo do trânsito e uma alta demanda por transportes coletivos, além de reportarem a existência de apenas uma linha de ônibus na Avenida Independência, a linha nº 400 da Rede Metropolitana de Transporte Coletivo (RMTC) (Figura 5).

A instalação de grandes empreendimentos dentro da cidade implica, em quase todas as situações, um decréscimo na qualidade do trânsito das vias locais e um aumento da quantidade de viagens na sua área de influência direta e indireta. Essas edificações ficaram conhecidas, devido a essas características, como Polos Geradores de Tráfego (PGT) (ALVES, 2015). A Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo determinou a oferta de vagas de estacionamento de um empreendimento como um fator chave para o estudo de geração de viagens e também para definir um empreendimento como um PGT. Portanto, todo projeto de edificação não residencial, que prevê áreas de estacionamento com 80 ou mais vagas nas áreas especiais de tráfego (regiões e vias da cidade que apresentam saturação da capacidade de escoamento de veículos), e com 200 ou mais vagas no restante da cidade é considerado um Polo Gerador de Tráfego (CET, 2019).

Segundo Minami e Mota (2018), durante a elaboração do EIV do Shopping Mega Moda Park, as informações referentes às vagas de estacionamento, itinerários, horários, paradas, fluxos e demandas por transporte coletivo; bem como as alterações de trânsito previstas e as medidas mitigadoras e compensatórias, seriam detalhadas no Estudo de Impacto de Trânsito e o respectivo Relatório de Impacto de Trânsito (EIT/RIT) e que, até a conclusão das etapas finais de construção do empreendimento, as melhorias referentes à mobilidade seriam realizadas.

Avaliando a pós-ocupação do Mega Moda Park, perguntou-se também aos moradores e aos comerciantes, se estes notaram alguma melhoria na região após a vinda do shopping. Destes, 25 entrevistados disseram que não perceberam nenhuma melhoria; dois perceberam uma melhora nos comércios próximos; dois relataram que a atração de turistas/visitantes na região ajuda no desenvolvimento da economia do município; e, apenas um entrevistado ressaltou a contribuição na geração de novos empregos como ponto de melhoria (Figura 6).

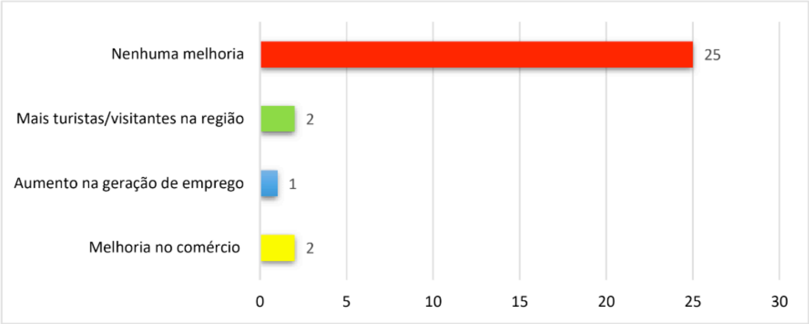


Figura 6. Pontos de melhorias relatados pelos entrevistados após a construção do Mega Moda Park.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O tema “segurança” foi abordado a fim de averiguar se o empreendimento adotou medidas visando a seguridade da população vizinha, visto que grandes empreendimentos são alvos de marginais, por receberem um índice elevado de frequentadores. Do total de entrevistados, 27 disseram que nenhuma medida de segurança foi implantada; um participante percebeu a presença de mais câmeras no entorno; e outros dois entrevistados relataram melhorias na iluminação pública e aumento de policiamento na região (Figura 7).

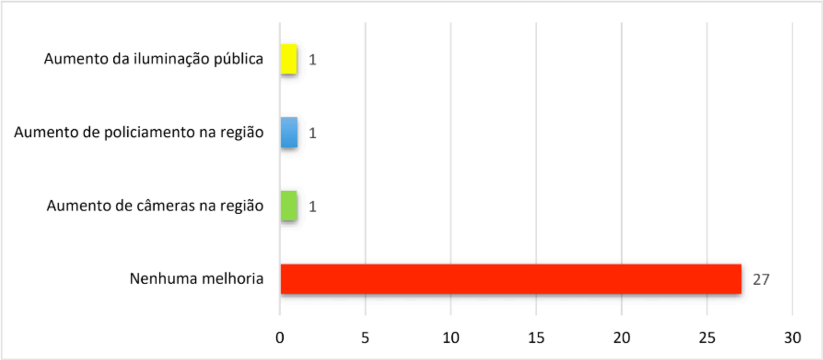


Figura 7. Representação gráfica sobre medidas de segurança para a vizinhança adotadas pelo shopping.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Buscou-se também, saber quais incômodos as atividades do shopping Mega Moda Park estavam gerando para a população vizinha (Figura 8). Especificamente, nesta questão, os participantes poderiam relatar mais de um item causador de incômodo. Desta forma,

pôde-se perceber que o maior transtorno relatado referiu-se ao aumento do fluxo do trânsito local, com 83%, seguida pela dificuldade de mobilidade, seja para pedestres ou motoristas, registrada por 77% dos entrevistados. Identificou-se também que 63% da amostra total se sente prejudicada pela falta de transporte público próximo ao empreendimento, já que a avenida principal do shopping conta apenas com uma linha de ônibus (Figura 8).

Outro incômodo bastante relevante para os entrevistados, foi o aumento da aglomeração de pessoas na região, percebido por 80% destes (Figura 8). Rolnik (2013) afirma que em Manhattan, o zoneamento da cidade define que os shoppings são proibidos em regiões de alta densidade residencial e comercial. Esta limitação contribui com a questão urbanística, além de restringir o tamanho máximo de espaço comercial em parte da cidade, protegendo os pequenos comerciantes e controlando o quanto o comércio pode tomar conta de áreas residenciais.

Os demais impactos constatados são relacionados à alteração da paisagem e ao aumento na produção de lixo na localidade, percebidos e representados por 73% e 70% dos entrevistados, respectivamente (Figura 8). Durante as entrevistas, foi relatado que o aumento no nível de ruídos é em decorrência do aumento do trânsito de veículos na área, gerando uma perturbação significativa, não só aos moradores e comerciantes locais, como também aos frequentadores do entorno.

Impactos como o aumento das aglomerações em áreas urbanas, o aumento na geração per capita de resíduos sólidos e o entupimento dos canais de drenagem, são ocasionados pelo descarte inadequado de lixo em logradouros e calçadas, ao mal gerenciamento de resíduos sólidos municipal, a falta de manutenção ou ausência de equipamentos urbanos (lixeiras) e a carência de campanhas de marketing visando o consumo consciente da população. Desta forma, grandes empreendimentos como o Mega Moda Park, geradores de tais impactos, alteram aspectos do meio biofísico, contribuindo com a formação de áreas inundadas, com a diminuição da infiltração de água no solo e o aumento do escoamento superficial, com a proliferação de vetores por meio dos resíduos orgânicos e/ou por veiculação hídrica causadores de patologias, entre outros, colaborando de forma significativa para a diminuição da qualidade ambiental (ESTÊVEZ e NUCCI, 2015).

Abreu *et al.* (2018) afirmam que a educação ambiental por parte dos funcionários, lojistas e frequentadores do shopping é outro ponto de extrema relevância. Apesar de ser algo que demanda tempo, acredita-se que, no mínimo, ações informativas acerca da disposição dos resíduos e sua necessidade de segregação possam surgir algum efeito na diminuição de sua geração, bem como um aumento da prática de reciclagem.

Os demais itens relatados como causadores de transtornos para moradores e comerciantes referem-se ao aumento da insegurança local, representada por 66% dos integrantes da pesquisa, e também o aumento da poluição visual, em que 10% relataram se sentir incomodados com o excesso de elementos visuais (Figura 8).

Por fim, somente 17%, que corresponde a cinco entrevistados da amostra total,

informaram não se sentirem incomodados com a presença do shopping e suas atividades (Figura 8).

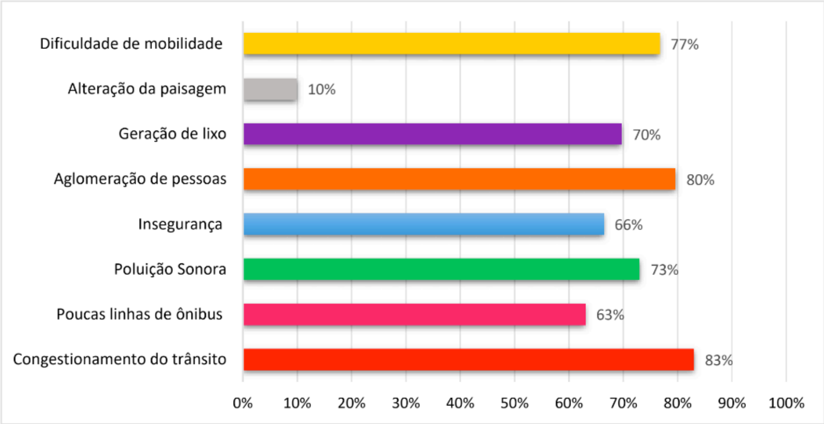


Figura 8. Percentual de transtornos identificados pelos entrevistados após a implantação do shopping.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Das dezessete perguntas aplicadas em campo, duas foram direcionadas especificamente aos comerciantes. Buscou-se saber se após a construção do shopping houve aumento, piora ou nenhuma influência nas vendas. Vale ressaltar que na amostra de comerciantes haviam responsáveis/funcionários por lojas de roupas, lanchonetes, panificadoras, supermercados, garagens de estacionamento, quiosques de água de coco, lojas de acessórios femininos, comércio de cortinas, vendedor de água informal e faculdades.

Percebeu-se que 20% dos comerciantes registraram uma queda nas vendas. Tal percentual refere-se, principalmente, aos lojistas de roupa, que salientaram uma significativa concorrência na saída de mercadoria, após a chegada do shopping. Já os comércios relacionados à venda de alimentos e bebidas, como panificadoras, quiosques de água de coco e supermercados, especificamente 48% dos entrevistados, verificaram um aumento nas vendas de seus produtos; e, 32% relataram que a presença do empreendimento não trouxe influências diretas sobre as vendas (Figura 9).

A última pergunta da APO mostrou que 70% dos comerciantes concordaram que o aumento no fluxo de trânsito tem influência direta sobre as vendas, às vezes positivamente, em outras negativamente; e 30% disseram não perceber essa interferência (Figura 10).

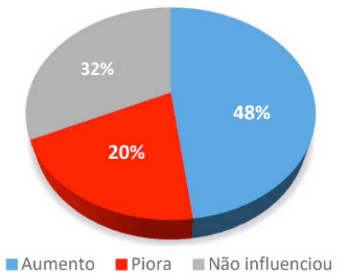


Figura 9. Percentual sobre as considerações de comerciantes em relação às vendas após a construção do shopping.

Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 10. Percentual dos comerciantes que acham que o trânsito tem influência direta nas vendas.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Por fim, a partir dos resultados da pesquisa, apresenta-se o quadro síntese dos resultados obtidos e as recomendações propostas para o Shopping Mega Moda Park e futuros empreendimentos similares (Quadro 1).

Foco da questão	Resultados do método aplicado na pesquisa	Recomendações propostas e/ou observações
Aumento no adensamento populacional (pergunta estruturada)	94% do público alvo concordaram com o aumento na aglomeração de pessoas na localidade.	**Obs:** Por se tratar de um empreendimento comercial, o adensamento é classificado como flutuante, ou seja, as pessoas não residem no local. Porém, ao adotar as medidas propostas nos demais itens, consequentemente os transtornos ocasionados devido ao aumento na aglomeração de pessoas será amenizado.
Participação em pesquisa de opinião (EIV) (pergunta estruturada)	Nenhum dos entrevistados participou da pesquisa de opinião antes da construção do shopping.	**Medida 1:** Aumentar a fiscalização do órgão responsável (SEPLANH) a fim de averiguar a participação efetiva da vizinhança na pesquisa de opinião pública a respeito do empreendimento a ser construído, conforme Lei nº 8.646, de 23 de julho de 2008.
Valorização imobiliária da região (pergunta estruturada)	80% dos entrevistados concorda que o empreendimento agregou valor econômico imobiliário à região.	**Medida 2:** Manter o padrão de qualidade em todas as etapas de construção do shopping.
Geração de mais empregos para a população local (pergunta estruturada)	100% dos entrevistados concorda que o shopping contribuiu para a geração de mais empregos para a população local.	**Medida 3:** Empregos diretos: Valorizar a mão de obra da vizinhança, principalmente dentro do raio de influência direta. **Medida 4:** Empregos indiretos: Aumentar a fiscalização dos órgãos responsáveis (Prefeitura de Goiânia, Secretaria Municipal de Fiscalização (SEFIS) e Guarda Civil), nas abordagens diurnas e noturnas para notificar e orientar os trabalhadores quanto à regularização do trabalho informal.

Foco da questão	Resultados do método aplicado na pesquisa	Recomendações propostas e/ou observações
Aumento no fluxo de trânsito/ demanda por transporte público / dificuldade de mobilidade (pergunta estruturada)	100% dos entrevistados percebeu um aumento no fluxo de trânsito e alta na demanda por transporte público.	**Medida 5:** Colocar em prática as melhorias da infraestrutura viária, de acordo com o Estudo de Impacto de Trânsito (em elaboração). **Medida 6:** Solicitar parceria de Agentes da Secretaria Municipal de Trânsito e Polícia Militar para aumentarem a fiscalização no cumprimento das normas de trânsito na região. **Medida 7:** O shopping deve instalar bicicletários, a fim de promover a prática saudável com o uso de bicicletas. **Medida 8:** Solicitar junto a prefeitura mais linhas de ônibus para suprir a demanda de transporte coletivo.
Aumento na insegurança (pergunta estruturada)	90% dos entrevistados não nota nenhuma melhoria visando a segurança dos moradores.	**Medida 9:** Solicitar à Secretaria Municipal de Infraestrutura e Serviços Públicos (SEINFRA) a verificação da atual situação das luminárias públicas, presentes no raio de influência do empreendimento, para manutenção ou instalação de novas luminárias tipo LED, o que trará mais segurança aos pedestres e motoristas da região. **Medida 10:** Solicitar uma parceria público-privada com a Secretaria de Segurança Pública, para aumentar as rondas de viaturas reforçando o policiamento local.
Aumento na geração de resíduos (pergunta não-estruturada)	70% dos participantes informa que o aumento na geração de resíduos é um incômodo significativo na localidade.	**Obs:** O empreendimento é classificado como grande gerador de resíduos, portanto é responsável pela coleta ambientalmente correta e pela destinação de seus resíduos. **Medida 11:** Contratar serviço de marketing para realizar campanha de sensibilização do público interno e externo do shopping sobre a necessidade da redução de consumo, bem como do manejo correto de resíduos sólidos para a segregação, reutilização ou reciclagem. **Medida 12:** Estabelecer parceria público-privada com o Município de Goiânia para o financiamento na instalação e manutenção de lixeiras públicas de resíduos comuns/ recicláveis nos logradouros, ao redor do shopping, com direito a publicidade, conforme Lei nº 9.857, de 22 de junho de 2016. **Medida 13:** Apoiar, por meio de ajuda financeira ou parceria, entidades que lidam com a destinação ambientalmente correta de resíduos sólidos.
Aumento da alteração da paisagem (pergunta não-estruturada)	73% dos entrevistados informaram que o aumento da alteração da paisagem causa incômodos/transtornos na região do shopping.	**Obs:** Ao serem colocadas em prática as medidas mitigadoras relacionadas ao aumento no fluxo de trânsito, a alteração da paisagem também será amenizada. **Medida 14:** Realizar plantio de árvores e/ ou muros com trepadeiras ao redor do empreendimento, pois estas são barreiras acústicas naturais, além de atenuarem a temperatura na localidade.

Foco da questão	Resultados do método aplicado na pesquisa	Recomendações propostas e/ou observações
Alteração da paisagem (pergunta não-estruturada)	10% do público alvo citou que a alteração da paisagem é geradora de incômodos para a vizinhança do empreendimento.	**Obs:** Está em discussão o projeto Goiânia de Cara Limpa que estabelecerá novas regras para a adequação de fachadas de comércio, indústria e prestadores de serviços na capital para diminuir a alteração da paisagem.

Quadro 1: Principais resultados da APO e recomendações para a área de estudo.

O quadro apresentado tem o intuito de expor visualmente uma síntese dos resultados gerais da pesquisa, contemplando os principais aspectos relativos à visão dos moradores e comerciantes envolvidos no estudo e, propor concomitantemente, recomendações e ações visando melhorias ao empreendimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados encontrados nesta pesquisa evidenciam a importância e a eficácia da aplicação da APO aliada às técnicas oriundas da Psicologia Ambiental – Avaliação Comportamental. Este procedimento possibilita, por meio da análise de questionários, a identificação de parâmetros adequados para futuros projetos semelhantes.

Esta APO vem a contribuir no sentido de dar subsídios aos elaboradores de planos diretores municipais, elaboradores de EIV's e demais estudos de ordem urbana, e aos órgãos licenciadores e fiscalizadores de tais atividades, para que se estabeleça uma relação de vínculo entre as partes envolvidas, funcionando com interação e visando o benefício mútuo.

Desta forma, tais entidades, por meio da APO, irão conhecer quais são os pontos positivos e negativos ocasionados às populações vizinhas de grandes empreendimentos, tendo em vista o planejamento adequado de futuras atividades similares e disseminando recomendações positivas nas tomadas de decisões a fim de atenderem aos requisitos oriundos da realidade onde a atividade comercial será instalada.

REFERÊNCIAS

ABIKO, A. K.; ORNSTEIN, S. W. **Inserção urbana e avaliação pós-ocupação (APO) da habitação de interesse social.** 2002. 373f. Monografia. São Paulo. Disponível em: < https://bdpi.usp.br/item/001291990>. Acesso em: 05 set. 2019.

ABREU, L. A.; CALDAS, V. C.; BERNARDINI, C. S. M.; SILVA, R. M.; NUNES, A. B. A. **Gestão de resíduos sólidos: Estudo de caso em Shopping Center de Fortaleza – CE.** Revista IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, São Bernardo do Campo, v. 9, nov. 2018. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2018/III-020.pdf>. Acesso em: **01 out. 2019.**

ACIEG, Associação Comercial, Industrial e de Serviços do Estado de Goiás. **Mega Moda Park supera fluxo de 110 mil pessoas em junho**. Disponível em: <https://acieg.com.br/noticias/1899/mega-moda-park-supera-fluxo-de-110-mil-pessoas-em-junho>. Acesso em: 01 out. 2019.

ALVES, O. R.; PASQUALETTO, A. **Estudo de Impacto de Vizinhança para Empreendimentos Residenciais em Goiânia. Revista EVS - Revista de Ciências Ambientais e Saúde**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 263-274, dez. 2013. ISSN 1983-781X. Disponível em: <http://seer.pucgoias.edu.br/index.php/estudos/article/view/2917>. Acesso em: 15 set. 2019.

ALVES, P. **Mobilidade urbana sustentável e polos geradores de viagens: análise da mobilidade não motorizada e do transporte público.** 2015. 328 f. Tese (Doutorado em Ciências Humanas) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/16010/1/MobilidadeUrbanaSustentavel.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2019.

ANTONELLO, I. T. **Potencialidade do planejamento participativo no Brasil**. Sociedade & Natureza, v. 25, n. 2, p. 239-254, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/sn/v25n2/a03v25n2.pdf>. Acesso em: 01 set. 2019.

BACELLAR, G. B. **Estudo de impacto de vizinhança e avaliação ambiental urbana**: o caso de Salvador. 2016. 168 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/17949/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Geisa%20Beyer%20Bacellar.pdf>. Acesso em: 01 out. 2019.

BARATELLA, P. R. de M. **Análise do desenvolvimento de indicadores para a avaliação de sustentabilidade de edifícios brasileiros**. 2011. 199 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP. Disponível em: <http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/258516>. Acesso em: 05 set. 2019.

BORTOLETO, S.; SILVA FILHO, D. F.; LIMA, A. M. L. P. **Prioridades de manejo para a arborização viária da estância de Águas de São Pedro-SP**. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, v. 1, n. 1, p. 62-73, 2006. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revsbau/article/view/66499/38311>. Acesso em: 11 set. 2019.

BRASIL. **Lei n. 10.254 de 10 de julho de 2001.** Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/cdu/part.html/estatutodacidade.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2019.

CET, Companhia de Engenharia de Tráfego. **Polos Geradores de Tráfego**. Disponível em: <http://www.cetsp.com.br/>. Acesso em: 11 out. 2019.

CHAMIÉ, P. M. B. **Contexto histórico, sob o enfoque urbanístico, da formulação e legalização do estudo de impacto de vizinhança**. 2010. 180 p. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16139/tde-14062010-151018/publico/DISSERTACAO_PATRICIA_CHAMIE.pdf>. Acesso em: 01 set. 2019.

COBALCHINI, E. R. O.; TABALIPA, N. L. **Planejamento urbano:** uma solução viável. Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 328-338, mai./ago. 2018. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbpd/article/download/7187/5120>. Acesso em: 01 out. 2019.

CUNHA, D. F.; MELO, E. B. **Urbanização acelerada:** risco para o abastecimento de água na Região Metropolitana de Goiânia. Revista Geo UERJ, n. 26, p. 226-244, 2015. Disponível em: < https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/view/13816/13400>. Acesso em: 01 set. 2019.

DARODA, R. F. **As novas tecnologias e o espaço público da cidade contemporânea**. 2012. 122 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Faculdade de Arquitetura, Programa de Pós-graduação em Planejamento Urbano e Regional, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/67063>. Acesso em: 28 ago. 2019.

ELALI, G. A.; VELOSO, M. **Avaliação Pós- Ocupação e processo de concepção projetual em arquitetura: uma relação a ser melhor compreendida**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL NUTAU, 6., 2004, São Paulo. Anais… São Paulo: FAU-USP, 2004. Disponível em:<http://projedata.grupoprojetar.ufrn.br/dspace/handle/123456789/72>. Acesso em: 29 set. 2019.

ESTÊVEZ, L. F.; NUCCI, J. **A questão ecológica urbana e a qualidade ambiental urbana.** Revista Geografar, v. 10, n. 1, p. 26-49, 2015. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/geografar/article/view/37677>. Acesso em: 11 out. 2019.

GAMA, S. V. G.; MACEDO, V. L. **Espaço, Natureza e Sociedade.** v. 1. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2013. Disponível em: <https://canal.cecierj.edu.br/012016/359817e0e1b50d50bcb508f9ac938711.pdf>. Acesso em: 10 out. 2019.

GOIÂNIA. **Lei 8.646 de 23 de julho de 2008.** Dispõe sobre o Estudo de Impacto de Vizinhança – EIV e respectivo Relatório de Impacto de Vizinhança – RIV, de que trata o art. 94 e seus respectivos incisos I, II e III e os artigos 95, 96 e 97, da Lei Complementar nº. 171, de 29 de maio de 2007 – Plano Diretor de Goiânia e dá outras providências. Disponível em: <https://www.goiania.go.gov.br/Download/seplam/Colet%C3%A2nea%20Urban%C3%ADstica/9.%20EIV/9.%20EIV%20-%20Lei%208646.pdf>. Acesso em: Acesso em: 01 set. 2019.

GOIÂNIA. **Lei Complementar nº 014, de 29 de dezembro de 1992**. Institui o Código de Posturas do Município de Goiânia e dá outras providências. <https://www.goiania.go.gov.br/download/seplam/Colet%C3%A2nea%20Urban%C3%ADstica/_outras/NovoCodgoPosturas/Novo_Codigo_Posturas.pdf>. Acesso em: 25 set. 2019.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo da população goianiense em 2017.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/goiania/panorama>. Acesso em: 15 ago. 2019.

JUCEG, Junta Comercial do Estado de Goiás. **Registro de novas empresas cresce 33%.** Disponível em: <http://www.juceg.go.gov.br/component/content/featured.html>. Acesso em: 05 set. 2019.

MINAMI, M. Y. M.; MOTA A. B. **Estudo de Impacto de Vizinhança e Relatório de Impacto de Vizinhança do Shopping Mega Moda Park.** Acesso em: 05 set. 2019.

OLIVEIRA, G. F. S. de; DOMINGUES, A. T. **IMPACTOS GERADOS PELA CONSTRUÇÃO DE UM SHOPPING CENTER:** O CASO DO SHOPPING CAMPO GRANDE–MS. Revista Geografia em Questão, v. 9, n. 1. p. 9-29, 2016. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/geoemquestao/article/download/12198/9597>. Acesso em: 01 set. 2019.

ONO, R.; ORNSTEIN, S. W.; VILLA, S. B., LIMONGI, A. J. G. **Avaliação pós-ocupação: na arquitetura, no urbanismo e no design – da teoria à prática.** 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2018. 312 p. Disponível em: < https://www.ofitexto.com.br/livro/avaliacao-pos-ocupacao/>. Acesso em: 25 de ago. 2019.

ONU, Organização das Nações Unidas. **Apesar de baixa fertilidade, mundo terá 9,8 bilhões de pessoas em 2050.** Disponível em: <https://nacoesunidas.org/apesar-de-baixa-fertilidade-mundo-tera-98-bilhoes-de-pessoas-em-2050/>. Acesso em: 13 ago. 2019.

PASQUALETTO, A.; QUEIROZ, G. C. de C.; ALVES, O. R.; BANDEIRA, O. A. **Shopping Passeio das Águas: Análise do Estudo de Impacto de Vizinhança e o sentimento dos moradores**. Revista Brasileira de Assuntos Regionais e Urbanos, Goiânia, v. 1, n. 1, p. 81-95, jul./dez. 2015. Disponível em: <http://seer.pucgoias.edu.br/index.php/baru/article/view/4464>. Acesso em: 25 set. 2019.

PRIZIBISCZKI, C. **O crescimento urbano é o problema do século.** Disponível em: <http://www.oeco.org.br/colunas/colunistas-convidados/27229-o-crescimento-urbano-e-o-problema-do-seculo/>. Acesso em: 13 ago. 2019.

ROLNIK, R.; KLINK, J. **Crescimento econômico e desenvolvimento urbano: por que nossas cidades continuam tão precárias?**. Revista Novos Estudos CEBRAP, n. 89, p. 89-109, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-33002011000100006>. Acesso em: 01 out. 2019.

VIANNA, N. S.; ROMÉRO M. A. **Procedimentos metodológicos para avaliação pós-ocupação em conjuntos habitacionais de baixa renda com ênfase no conforto ambiental**. Revista Ambiente Construído, v. 2, n. 3, p. 71-84, 2002. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/download/3427/1844>. Acesso em: 20 set. 2019.

VILLA, S. B; ORNSTEIN, W. S. **Qualidade ambiental na habitação: avaliação pós-ocupação**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 400 p. Disponível em: <https://www.ofitexto.com.br/livro/qualidade-ambiental-na-habitacao/>. Acesso em 19 set. 2019.

CAPÍTULO 5

DIAGNÓSTICO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA, ESGOTAMENTO SANITÁRIO E DESCARTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM TIMON-MA, BRASIL

Data de aceite: 01/04/2021
Data de submissão: 05/02/2021

George Ventura Alves Neri
Instituto Federal do Maranhão - Campus Timon
Timon – MA
http://lattes.cnpq.br/8894741856781817

Adriana Sotero Martins
Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca - FIOCRUZ
Rio de Janeiro – RJ
http://lattes.cnpq.br/1919855068500230

Maria José Salles
Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca – FIOCRUZ
Rio de Janeiro – RJ
http://lattes.cnpq.br/1600614573369900

RESUMO: Este estudo buscou analisar as condições de abastecimento de água, esgoto e descarte de resíduos em uma cidade no estado do Maranhão, Nordeste do Brasil. Foi realizada amostragem domiciliar com aplicação de questionário estruturado, além de investigação cartográfica com análise por macrorregiões municipais. Os principais resultados revelaram armazenamento inapropriado de água e uso de fontes alternativas à rede pública oficial; déficit de 56% de esgotamento sanitário e de 21,63% na coleta de resíduos sólidos. Três macrorregiões apresentaram déficits na limpeza de espaços públicos; no abastecimento de água; no esgotamento sanitário e descarte de resíduos sólidos. Concluiu-se que com a avaliação das condições de insalubridade domiciliar, pode-se direcionar um planejamento estratégico público ou privado que vise melhorias no saneamento e prevenção de agravos à saúde.
PALAVRAS-CHAVE: Saneamento urbano. Saúde pública. Políticas públicas.

DIAGNOSIS OF WATER SUPPLY, SANITARY SEWAGE AND DISPOSAL OF SOLID WASTE IN TIMON-MA, BRAZIL

ABSTRACT: This study sought to analyze the conditions of water supply, sewage and waste disposal in a city in the state of Maranhão, Northeastern Brazil. Home sampling was carried out using a structured questionnaire, in addition to cartographic investigation with analysis by municipal macro-regions. The main results revealed inappropriate water storage and use of alternative sources to the official public network; deficit of 56% in sewage and 21.63% in the collection of solid waste. Three macro-regions showed deficits in cleaning public spaces, in water supply, in sanitary sewage and in the disposal of solid waste. It was concluded that with the evaluation of the conditions of unhealthy conditions at home, one can direct a public or private strategic planning that aims at improvements in sanitation and prevention of health problems.
KEYWORDS: Urban sanitation. Public health. Public policy.

1 I INTRODUÇÃO

O escopo do saneamento básico de cada região é composto por seu abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta e tratamento de resíduos sólidos descartados, além de estratégias de drenagem pluvial (SOUZA; FREITAS; MORAES, 2007).

Deste modo, o planejamento estrutural de cada localidade deve incluir diagnósticos avaliativos para selecionar qual estrutura de saneamento será eficaz para o provimento de suas necessidades, tendo em vista que o crescimento urbano, quando desordenado, favorece ao incremento da produção, despejo de esgoto e descarte de resíduos, em quantidades maiores do que o ambiente pode processar, favorecendo à contaminação da água e do solo (HELLER *et al.,* 2007).

Em resposta à ação antrópica, o meio ambiente pode proporcionar configurações danosas às condições da saúde humana, o que pode ser constatado por meio de evidências epidemiológicas robustas, como a disseminação de arboviroses e o contágio pelo vírus Sars-CoV-2, responsável pela coronavirose COVID-19. Em ambos os casos, atitudes de civilidade apropriadas seriam suficientes para evitar a disseminação destas enfermidades, entretanto a ausência de educação ambiental e saneamento adequados podem proporcionar o aparecimento de condições facilitadoras à incidência destas infecções (CAMARA, 2016; EZZATI *et al*., 2005; YEO, KAUSHAL e YEO, 2020).

Neste sentido, a Organização das Nações Unidas (ONU) sugeriu 17 objetivos e 169 metas para erradicação da pobreza, intituladas de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), dos quais, o objetivo 6 ressaltou a importância de garantir disponibilidade, gestão sustentável da água e saneamento para todos (ONU, 2015).

Corroborando, o Estado brasileiro sancionou leis que robusteceram a necessidade do desenvolvimento de políticas públicas direcionadas à questão ambiental e estimularam gestores da União, estados e municípios, a desenvolver estratégias de saneamento focadas em evitar agravos à saúde. Dentre estas leis, destaca-se a lei nº 11.445/2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, para a política federal de saneamento básico e a lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010).

Neste contexto, diversas fontes de dados primários e secundários podem ser utilizadas pelos gestores públicos, no auxílio às tomadas de decisões ambientais e de saneamento. Como exemplo, os dados levantados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), que assinalou a macrorregião Sul do país, como detentora dos melhores índices acerca da cobertura urbana de água, coleta e tratamento de esgoto no Brasil, no ano de 2019, respectivamente 98,7%, 53,1% e 94,6% (SNIS, 2019).

Em contrapartida, as regiões Nordeste e Norte demandam melhorias nas políticas regionais de saneamento, tendo a região Nordeste apresentado índices de 88,2%, 36,7% e 82,7% e reduções de 0,3 e 0,5 ponto percentual, nos índices de atendimento total e

urbano de água. Contudo, a macrorregião Norte posiciona-se como a mais vulnerável do país tendo exibido 70,4% de cobertura de água e 15,8% de coleta de esgoto (SNIS, 2019).

No mesmo ano de 2019, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) apresentou dados referentes à cobertura de água, esgoto e coleta de resíduos (RSDs), levantados por meio da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) contínua (IBGE, 2019). Com base nesses dados, foi constatado que 97,6% dos domicílios do país tinham acesso a água canalizada, destes, apenas 88,2% eram providos pela rede geral de abastecimento, tendo a região nordeste apresentado o menor índice de provimento diário de água, 69,0% (IBGE, 2019).

No tocante à cobertura de esgoto, somente 68,3% dos domicílios do país possuíam redes coletoras e 84,4% tinha coleta de resíduos realizada inteiramente pelo serviço de limpeza (BRASIL, 2020).

Portanto, a região nordeste do Brasil é marcada pela ausência de abastecimento de água segura e contínua e de soluções adequadas para o esgotamento sanitário, o que reforça a necessidade do desenvolvimento de ferramentas analíticas que facilitem o reconhecimento dos impactos ambientais e à elaboração de planos de saneamento, capazes de aportar as políticas de saneamento das cidades, sobretudo nas áreas urbanizadas com carência de investimentos em saneamento adequado (EZZATI *et al*., 2005; MOTA *et al*., 2015).

Em vista, esse estudo objetivou avaliar o panorama das condições de saneamento, referentes à água, esgoto e descarte de resíduos nas diferentes regiões da cidade de Timon, nordeste do Brasil.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi do tipo observacional e seccional (MEDRONHO, 2009), realizado na cidade de Timon – MA, nordeste do Brasil, tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), da Fundação Oswaldo Cruz, da Escola Nacional de Saúde Pública (CAAE nº 40456114.6.0000.5240). Os participantes foram informados dos objetivos do estudo e assinaram o termo de consentimento livre esclarecido (TCLE), o que possibilitou a participação voluntária e anônima ao longo de todo o processo.

A população utilizada foi a do ano de 2015, estimada em 164.869 habitantes e 35.133 domicílios urbanos (IBGE, 2010).

A realização da coleta de dados foi consolidada a partir da aplicação de 313 questionários estruturados, que foram preenchidos por indivíduos responsáveis por cada domicílio, em forma de autorrelato. O instrumento de coleta continha questões previamente validadas, baseadas na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) e na metodologia de Vianna (2003).

A ferramenta de pesquisa possibilitou o levantamento de dados relacionados a

três componentes de saneamento, permitindo o conhecimento estrutural e das práticas domiciliares da população em relação ao abastecimento e utilização da água; despejo de dejetos e atitudes de descarte dos resíduos sólidos domiciliares. Para tal o questionário foi dividido em três seções:

A. Levantamento de informações sobre a identificação do indivíduo e do domicílio (nome do responsável, escolaridade, renda, sexo, características do domicílio, endereço, coordenadas geográficas);

B. Levantamento de informações sobre abastecimento de água; esgotamento sanitários e coleta de resíduos domiciliares e em espaços públicos;

C. Levantamento de informações acerca de práticas dos moradores quanto à utilização de água, despejo de dejetos e ao descarte de resíduos (disposição, manuseio, acondicionamento); bem como sobre o conhecimento da população acerca dos serviços.

Para determinação da quantidade de domicílios por bairro a serem visitados, foi utilizada a metodologia descrita em Jankowski e Kuska (2004), adaptada, a qual proporcionou a contagem dos elementos de referência domiciliar correspondentes aos tetos das construções no perímetro urbano, sendo considerada a equivalência de áreas ocupadas, com rótulo de áreas com domicílios e áreas sem domicílios.

Após realizar a estimativa do número de elementos de referência pela área total agrupada como área com domicílio, foi realizada a distribuição da quantidade de domicílios, descrita na base de dados do IBGE (2010) respeitando a proporcionalidade através da metodologia de determinação por bairro (NERI, 2015).

A amostragem foi calculada de forma probabilística, em bairros sorteados por macrorregiões, considerando o N populacional de domicílios por bairro, estimado para o ano de 2015 e distribuída em quatro macrorregiões (MRs): Macrorregião Norte (MRN) com nove bairros (n=55); Macrorregião Centro (MRC) com dois bairros (n=70); Macrorregião Oeste (MRO) com nove bairros (n=74) e Macrorregião Sul (MRS) com onze bairros (n=114) conforme a Figura 1.

Para abordagem domiciliar foi utilizada a seguinte estratégia:

- Os domicílios eram situados nas vias principais da cidade e na parte mediana dos quarteirões;
- Quando o domicílio abordado no ponto central do quarteirão não podia preencher o questionário, era abordado o domicílio seguinte e quando este não permitia o preenchimento, eram acessadas as vias secundárias, respeitando a mesma lógica de posicionamento da moradia, sendo 10 (± 10,4) domicílios por bairro em cada área.

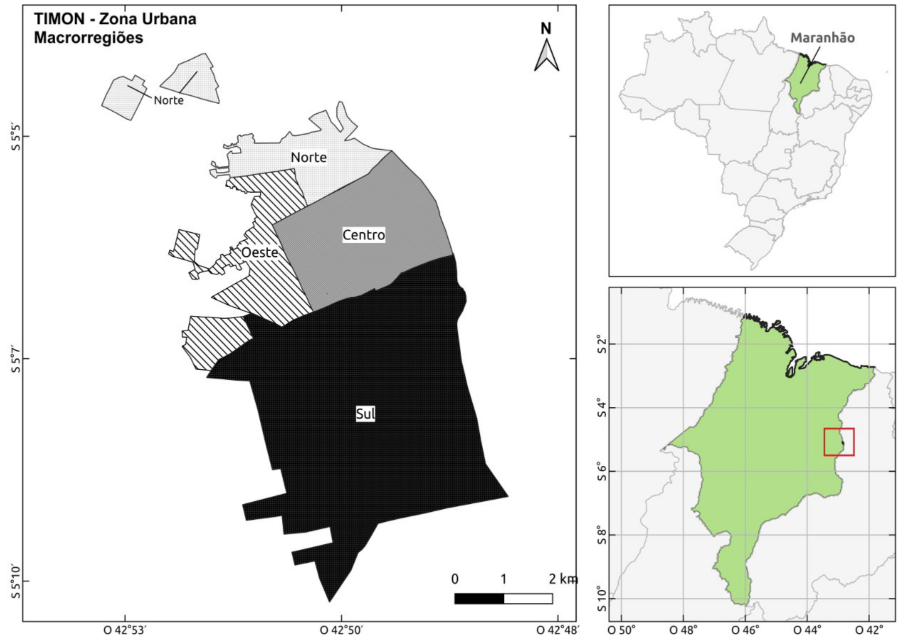


Figura 1. Cidade Timon, localizada no estado do Maranhão, Brasil. Em destaque na parte superior, as macrorregiões: norte (fundo branco pontilhado em preto), centro (cinza), oeste (chuleada com traços pretos), sul (fundo preto pontilhado em branco).

Os resultados foram analisados pelo cálculo das proporções em percentagens, com comparação entre características dos residentes e dos domicílios, pelo intervalo de confiança (WALD, 1943). Foi avaliada a independência entre as proporções dos grupos com deficit de saneamento utilizando o teste qui-quadrado com correção de Yates (AGRESTI, 2006) e, quando não adequado, foi utilizado o teste exato de Fisher. Os dados foram organizados no Excel 2.10 e as análises foram conduzidas no software TabWin versão 3.6, para Windows e software R versão 4.0.2.

O panorama geral dos três componentes do saneamento analisados por este estudo foi construído pelo agrupamento dos dados da totalidade da cidade, bem como, avaliado nas quatro MRs, de forma que as variáveis de saneamento puderam ser analisadas quantitativamente (quantidade apresentada nos domicílios) e qualitativamente (configuração de distribuição domiciliar) para obtenção de percentuais e índices. Entretanto, o provimento de água foi considerado como componente principal, para avaliação de déficit das condições de saneamento, tendo em vista sua importância à saúde humana. Conforme explanado seguir:

1. Água

a. Origem do provimento: abastecimento público oficial ou alternativo;

b. Utilização de armazenamento de água;

c. Presença, quantidade e distribuição de pontos de água nos domicílios.

2. Esgoto

a. Presença e localização de banheiros nos domicílios;

b. Uso de água para despejos dos vasos sanitários;

c. Destinação dos dejetos;

d. Presença de fontes coletoras oficiais.

3. Coleta de resíduos sólidos

a. Presença de coleta de resíduos oficial;

b. Período de coleta de resíduos;

c. Se o período de coleta de resíduos atende à demanda domiciliar

d. Se havia limpeza de espaços públicos.

3 I RESULTADOS

A captação de dados permitiu o levantamento de informações de 1085 indivíduos, residentes em 313 domicílios o que possibilitou a visualização e conhecimento populacional. Foi observado que a população estudada é predominantemente formada por: indivíduos do sexo feminino; na faixa etária compreendida entre 20 a 59 anos; renda de um salário, seguida por menos de um salário; quase um quarto dos participantes afirmou ser não alfabetizado ou com fundamental incompleto (Tabela 1).

Características	**Total**, N = 1,085[1]	**macro_centro**, N = 237[1]	**macro_norte**, N = 174[1]	**macro_oeste**, N = 265[1]	**macro_sul**, N = 409[1]	**p-value**[2]
sexo						0.9
Feminino	513 (51.5%)	115 (50.4%)	81 (52.9%)	126 (49.8%)	191 (52.6%)	
Masculino	484 (48.5%)	113 (49.6%)	72 (47.1%)	127 (50.2%)	172 (47.4%)	
Desconhecido	88	9	21	12	46	
faixa_etaria						<0.001
0 a 9 anos	161 (16.5%)	18 (8.3%)	28 (18.9%)	37 (15.0%)	78 (21.4%)	
10 a 19 anos	251 (25.7%)	56 (25.9%)	31 (20.9%)	77 (31.3%)	87 (23.8%)	
20 a 59 anos	493 (50.6%)	116 (53.7%)	84 (56.8%)	124 (50.4%)	169 (46.3%)	
80 anos e mais	70 (7.2%)	26 (12.0%)	5 (3.4%)	8 (3.3%)	31 (8.5%)	
Desconhecido	110	21	26	19	44	
gestante						0.005
Não	416 (97.0%)	77 (98.7%)	79 (90.8%)	127 (99.2%)	133 (97.8%)	
Sim	13 (3.0%)	1 (1.3%)	8 (9.2%)	1 (0.8%)	3 (2.2%)	
Desconhecido	656	159	87	137	273	
renda						
Dois salários	25 (12.0%)	3 (5.3%)	5 (38.5%)	3 (6.8%)	14 (14.9%)	
Mais de 2 salários	20 (9.6%)	9 (15.8%)	2 (15.4%)	1 (2.3%)	8 (8.5%)	
Menos de 1 salário	56 (26.9%)	11 (19.3%)	5 (38.5%)	22 (50.0%)	18 (19.1%)	
Um salário	107 (51.4%)	34 (59.6%)	1 (7.7%)	18 (40.9%)	54 (57.4%)	
Desconhecido	877	180	161	221	315	
instrucao						0.031
Analfabeto ou Incompleto	164 (23.6%)	26 (21.7%)	22 (30.1%)	35 (17.2%)	81 (27.3%)	
Completo	530 (76.4%)	94 (78.3%)	51 (69.9%)	169 (82.8%)	216 (72.7%)	
Desconhecido	391	117	101	61	112	
indice	36 (4.0%)	10 (5.2%)	5 (3.8%)	21 (10.9%)	0 (0.0%)	<0.001
Desconhecido	179	46	41	72	20	

[1] n (%)

[2] Pearson's Chi-squared test; Fisher's exact test

Tabela 1. Características dos residentes da cidade de Timon-MA

No tocante às fontes de abastecimento de água, foi constatado que 95,6% (300/313) do total dos domicílios da cidade eram providos pelo serviço de abastecimento de água oferecido pela rede pública oficial. Contudo, do total de domicílios estudados, 91% (285/313) apresentou uso exclusivo de água oferecido pela rede pública oficial. Em contraposição, 6,8% dos domicílios utilizavam formas alternativas de armazenamento de água e destes, 4,4% (13/313) apontaram uso exclusivo de fontes alternativas ao serviço oficial. Ainda 61,5% das residências sinalizou armazenamento de água nos domicílios. As informações inerentes às condições de saneamento, tanto as relativas ao total de residências quando as distribuídas em MRs estão dispostas detalhadamente, conforme a Tabela 2.

Características	**Total**, N = 313[1]	**macro_centro**, N = 70[1]	**macro_norte**, N = 55[1]	**macro_oeste**, N = 74[1]	**macro_sul**, N = 114[1]	**p-value**[2]
indice	11 (4.4%)	3 (5.3%)	2 (5.4%)	6 (11.3%)	0 (0.0%)	0.003
Desconhecido	62	13	18	21	10	
reserva_ag						0.017
Não	100 (38.5%)	24 (42.1%)	16 (38.1%)	12 (21.1%)	48 (46.2%)	
Sim	160 (61.5%)	33 (57.9%)	26 (61.9%)	45 (78.9%)	56 (53.8%)	
Desconhecido	53	13	13	17	10	
localbanhe						0.009
Não	2 (9.1%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	2 (100.0%)	0 (0.0%)	
Sim	20 (90.9%)	1 (100.0%)	1 (100.0%)	0 (0.0%)	18 (100.0%)	
Desconhecido	291	69	54	72	96	
aguaevacua						0.2
Não	15 (6.0%)	5 (9.4%)	2 (5.3%)	5 (9.1%)	3 (2.9%)	
Não sabe	14 (5.6%)	2 (3.8%)	5 (13.2%)	2 (3.6%)	5 (4.9%)	
Sim	220 (88.4%)	46 (86.8%)	31 (81.6%)	48 (87.3%)	95 (92.2%)	
Desconhecido	64	17	17	19	11	
localvaso						0.10
Dentro de casa	232 (89.9%)	54 (96.4%)	34 (82.9%)	53 (91.4%)	91 (88.3%)	
Fora de casa	22 (8.5%)	2 (3.6%)	4 (9.8%)	5 (8.6%)	11 (10.7%)	
Não tem banheiro	4 (1.6%)	0 (0.0%)	3 (7.3%)	0 (0.0%)	1 (1.0%)	
Desconhecido	55	14	14	16	11	
coletacomp						0.002
Não	44 (16.9%)	11 (19.3%)	13 (31.0%)	13 (22.8%)	7 (6.7%)	
Sim	216 (83.1%)	46 (80.7%)	29 (69.0%)	44 (77.2%)	97 (93.3%)	
Desconhecido	53	13	13	17	10	
periodoate						0.2
Não	53 (21.6%)	13 (23.6%)	5 (13.9%)	17 (30.9%)	18 (18.2%)	
Sim	192 (78.4%)	42 (76.4%)	31 (86.1%)	38 (69.1%)	81 (81.8%)	
Desconhecido	68	15	19	19	15	
descarteli						0.2
Outras	31 (12.2%)	8 (14.0%)	7 (18.4%)	9 (15.3%)	7 (6.9%)	
Porta ou predio	224 (87.8%)	49 (86.0%)	31 (81.6%)	50 (84.7%)	94 (93.1%)	
Desconhecido	58	13	17	15	13	

[1] n (%)

[2] Fisher's exact test; Pearson's Chi-squared test

Tabela 2. Características domiciliares dos componentes de saneamento no geral de domicílios pesquisados e em MRs da cidade de Timon-MA

Ainda, foi observado que 85% (267/313) das habitações apresentaram pontos de água em pelo menos 1 (um) cômodo domiciliar e 7% (22/313) não possuíam pontos internos de água.

Acerca dos despejos no vaso, 47,71% (149/313) dos moradores dos domicílios

afirmaram que os resíduos sanitários eram direcionados a fossas sépticas, 41,07% (129/313) era despejado em rede de tratamento pública e 11,2% (35/313), afirmaram despejar dejetos no vaso sanitário em rede pública sem tratamento.

No tocante ao descarte e coleta de resíduos, foi observado que 23% (72/313) do total das habitações apresentou armazenamento de resíduos em recipiente aberto; cerca de 50% (174/313) descartava em dias alternados e 21,83% (69/313) apresentou descarte diário.

Em relação ao período de coleta, 13,86% (44/313) dos domicílios eram contemplados com coleta de resíduos diária, contudo, 21,63% (68/313) sinalizou que o período de coleta não atendia às suas necessidades; 4,7% não possuem frequência de coleta de resíduos e 11,5% descartam o lixo doméstico em outros locais alheios à coleta oficial.

Foi observado que 17% (54/313) dos moradores destas habitações não sabem a destinação pós-descarte e 57% (179/313) acreditavam que os resíduos sólidos coletados pelo serviço público eram despejados em "lixão". Em vista disso, 50% (157/313) afirmaram que utilizam refil sempre que possível, e 47% (148/313) reutilizavam esses materiais para o artesanato. Outro dado importante foi que 15% (47/313) faziam triagem para reciclagem.

Considerando a regularidade do período da coleta dos resíduos sólidos em espaços públicos da cidade (praças, quadras, centros esportivos etc.), 92% (288/313) dos entrevistados afirmaram não existir o recolhimento desse material, ademais, 16,9% dos resíduos sólidos resultantes dos bens de consumo da cidade não são coletados pelo serviço público de coleta e 27% (15/313) dos resíduos eram descartados em terreno baldio.

Dentre os componentes estudados, foi observado que o serviço que apresentou o pior percentual foi o de esgotamento sanitário, com déficit em 56% na região metropolitana do município (Figura 2).

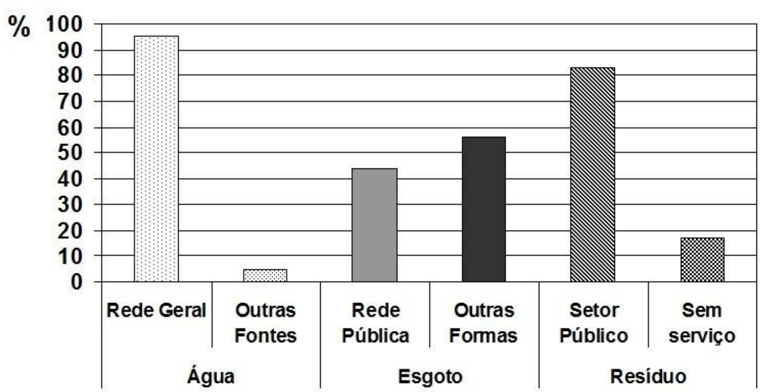


Figura 2. Percentagem de domicílios na cidade de Timon/MA com acesso a serviços de saneamento, por tipo de serviço: abastecimento de água (água); esgotamento sanitário (esgoto) e coleta de resíduos sólidos (resíduo).

Em macrorregiões, a MRO apresentou um alto percentual de uso de fontes alternativas de água (78,9%), seguida pela MRN com 61,9%.

Na MRC 57,7% (40/70) informaram que havia o despejo de esgoto na rede pública de recolhimento, enquanto na MRO apenas 33,3% (24/74). Em relação a outras perguntas como: "despejo em sumidouros" e "rede pública sem tratamento" na MRO foram informados os seguintes percentuais: 12,96% (25/74) e 5,5% (4/74), respectivamente. Na MRS (sul) 53,91% (61/114) informou-se que o despejo era realizado em fossas sépticas. Na MRN 10,25% (6/55) dos moradores afirmaram "não utilizar o vaso sanitário para despejo de excretas".

Em relação à avaliação dos aspectos relacionados com os resíduos sólidos constatou-se que a MRN apresentou o maior percentual de "domicílios com presença de animais", 73,68% (41/55), dos quais 46% (26/55) dos moradores afirmaram "não coletar as fezes de animais excretadas no solo", ainda 50% (37/74) da MRO e 45,71% (34/74) da MRC também não coletam.

Nas regiões MRN, MRO, MRS foram obtidos dados indicativos de déficit na limpeza dos espaços públicos, 19% (47/243) dos moradores afirmaram que possuem valas em torno de suas estâncias e 68% (166/243) descartavam resíduos sem a devida separação.

Na MRC e MRN ocorria despejo em vala; 63 % (79/125) dos moradores descartam lâmpadas juntamente com os demais RSDs e 31% (39/125) afirmaram consumir produtos que não foram adquiridos totalmente no mercado local.

As macrorregiões MRC e a MRS foram as que apresentaram os melhores atendimentos dos aspectos de saneamento, contudo, existem informações por parte dos moradores dessas áreas que sinalizaram precariedade para atendimento de esgoto, recolhimento de resíduos e falta de abastecimento de água. A macrorregião Oeste é a mais deficitária de Timon, com 11,3% dos domicílios com deficit de saneamento.

4 I DISCUSSÃO

O reconhecimento de fontes de água alternativas à oficial e configurações ineficazes de distribuição de água dentro dos domicílios sinalizou que o direito humano, reconhecido ainda em 2010 pela Assembleia Geral da (ONU), materializado na Resolução n° 64/292, não era garantido a todos os timonenses (ONU 2015).

O déficit do abastecimento de água em diversas regiões, culminou no armazenamento de água em condições inadequadas, o que favorecia ao incremento de problemas na ordem da saúde pública, como a incidência de doenças infecciosas diarreicas e as resultantes da proliferação de vetores de arboviroses, como a dengue, zika e chikungunya (PAIVA; SOUZA, 2018).

Em Natal no Rio Grande do Norte, foi observado que a intermitência no abastecimento de água, possibilitou que parte da população reservasse água em cisternas e foi constatada

a uma relação direta entre o armazenamento de água no solo e a contaminação pelo mosquito da dengue (DANTAS JUNIOR, 2012).

Em Timon A MRO está mais exposta ao risco de agravos apresentando maior déficit de abastecimento de água e maior utilização de fontes alternativas, como poços e nascentes. Esse tipo de fonte poderia prover água fora dos níveis de segurança adequados para consumo, devida a ausência de tratamento normatizado pela legislação brasileira, o que expunha a população ao risco de agravos (OLIVEIRA; FERREIRA, 2014).

Baixo nível de escolaridade, como o encontrado na MRN era fator comprometedor. Neste sentido, em estudo realizado na cidade de Jordão (Acre), foi percebido que as regiões com melhoramento nos níveis de educação, tiveram menores taxas de diarreia, valorizando pontos como: cuidado com a higiene das mãos; melhoria da coleta e armazenamento dos resíduos no domicílio e presença de vaso sanitário dentro do domicílio (IMADA et al., 2016).

Quanto ao destino do esgoto, nas regiões MRN e MRO predominavam vala a céu aberto e fossa negra, situações que favorecem a contaminação do ambiente próximo aos domicílios e que interferem nas condições de saúde das crianças (EISENBERG *et al.*, 2002).

A ausência de rede coletora de esgotos e a disposição de excreta a céu aberto em terrenos, ou na rua, interfere diretamente na saúde das crianças por poluir o ambiente e possibilitar a veiculação de doenças relacionadas a excretas, principalmente as parasitoses como as helmintíases, bem como, para outras doenças de vinculação hídrica, como a diarreia (AZEREDO *et al.,* 2007).

Na Constituição Federal (CF) brasileira de 1988, no artigo 30, está descrito que a prestação dos serviços essenciais de limpeza urbana é obrigação de todos os municípios brasileiros assim como da sociedade e deve atender satisfatoriamente à população (BASTOS, 2006). A qualidade do serviço de coleta de resíduos sólidos impacta diretamente na saúde da população e nos recursos naturais, especialmente o solo e recursos hídricos.

Portanto a dificuldade de viabilizar esse serviço de maneira adequada para toda a população revela que é urgente a apresentação de soluções que se enquadrem na gestão de resíduos dos municípios (BARRINGTON; FULLER; MCMILLAN, 2013).

Devido a evidências que apontaram armazenamento inadequado de água em alguns domicílios de Timon, torna-se indispensável alertar a população acerca das alternativas de estocagem, bem como das metodologias de prevenção à contaminação da água, de modo a mitigar o risco de infecções e contágios por meio da água armazenada. Nas regiões em que há déficit de tratamento da água para consumo, alternativas de desinfecção domiciliar conjuntamente à filtragem de águas de poços e nascentes podem ser utilizadas quando houver baixa turbidez (PAZ; ALMEIDA; GUNTHER, 2012).

Sugestões de medidas protetivas à saúde dos timonenses e a distribuição de informativos com linguagem simplificada e acessível à população devem ser difundidas por toda a cidade, em especial nas regiões MRN e MRO. Ainda podem ser realizadas

parcerias entre organizações não governamentais e instituições de pesquisa de engenharia sanitária, para avaliação da estrutura de saneamento e mensuração dos agravos à saúde na região, para avaliar a amplitude dos casos relacionados aos problemas de saneamento (BARRINGTON; FULLER; MCMILLAN, 2013).

5 I CONCLUSÕES

O presente trabalho permitiu realizar o diagnóstico do abastecimento de água, esgotamento sanitário e descarte de resíduos sólidos em Timon-MA, cujos dados evidenciaram a necessidade de intervenções por parte da gestão pública junto à população no processo de melhoramento da qualidade de seus serviços.

Foram levantadas informações importantes para o desenvolvimento e aplicação de estratégias para a melhoria das condições de saneamento e diminuição de desigualdades entre as regiões.

Este tipo de trabalho proveu dados que podem servir de base para o desenvolvimento de políticas público-privadas, além de alertar à gestão municipal para a necessidade de aplicação correta dos recursos financeiros e humanos, ligados direta ou indiretamente ao saneamento, através de inferências aos pontos críticos do município. Além dos pontos citados, o estudo mune de informações os profissionais da área de saneamento, demais áreas, e principalmente, a comunidade para o desenvolvimento de atitudes proativas que possam reverter a problemática das condições do saneamento da cidade de Timon-MA.

Baseado nos resultados encontrados em Timon torna-se indispensável o planejamento de estratégias direcionadas para solucionar os diversos problemas de despejos irregulares apontados nas mais diversas áreas da cidade. Para isso é essencial localizar os focos de contaminação pluvial e urbana, podendo-se utilizar ferramentas de geoprocessamento aliadas à cartografia digital para elaboração de soluções cartográficas, facilitando assim, a visualização da extensão dos impactos. Embora os registros da pesquisa apontem as principais zonas de risco, ao apresentar os dados informados neste trabalho em mapas temáticos que possibilitem tomadas de decisão mais eficientes, focando as áreas mais críticas e minimizando custos para a gestão pública.

REFERÊNCIAS

AGRESTI, Alan. An Introduction to Categorical Data Analysis: Second Edition. **An Introduction to Categorical Data Analysis: Second Edition**, , p. 1–356, 1 Jan. 2006. Disponível em:https://doi.org/10.1002/0470114754. Acesso em: 4 jan. 2021.

AZEREDO, C. M. *et al* . Avaliação das condições de habitação e saneamento: a importância da visita domiciliar no contexto do Programa de Saúde da Família. **Ciênc. saúde coletiva**, Rio de Janeiro , v. 12, n. 3, p. 743-753, June 2007 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232007000300025&lng=en&nrm=iso>. access 29 de abr de 2019.

BARRINGTON, D.; FULLER, K.; MCMILLAN, A. Water safety planning: Adapting the existing approach to community managed systems in rural Nepal. **Ournal of Water, Sanitation and Hygiene for Development**, [*s. l.*], p. 1–14, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/235760910_Water_safety_planning_Adapting_the_existing_approach_to_community_managed_systems_in_rural_Nepal. Acesso em: 4 jan. 2021.

BASTOS, R. KX. Abastecimento de água para consumo humano. **Eng. Sanit. Ambiente.** , Rio de Janeiro, v. 11, n. 3, pág. 195, setembro de 2006. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522006000300001&lng=en&nrm=iso>. acesso em 29 de abr de 2019.

BRASIL. **LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010**. Regulamento Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm Acesso em: 4 jan. 2021.

BRASIL. **Plano Nacional De Saneamento Básico**. Ministério das Cidades Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental -2013.pdf. Disponível em: http://www.cecol.fsp.usp.br/dcms/app/webroot/uploads/arquivos/1446465969_Brasil-PlanoNacionalDeSaneamentoB%C3%A1sico-2013.pdf acessado em: 30 de abril de 2019

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos** – 2019. Brasília: SNS/MDR, 2020. 183 p.: il Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2019/Diagnostico_AE2019.pdf, acesso em: 15 de jan. de 2021

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **PNAD Contínua 2019: abastecimento de água no Centro-Oeste volta ao patamar antes do racionamento**. [*S. l.*], 2020. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/27595-pnad-continua-2019-abastecimento-de-agua-no-centro-oeste-volta-ao-patamar-antes-do-racionamento. Acesso em: 2 fev. 2021.

DANTAS JUNIOR, P. C. Impacto do abastecimento irregular de água nos altos índices de dengue. 2012. 67 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental; Meio Ambiente; Recursos Hídricos e Hidráulica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.; Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/15991. acesso 30 abril. 2020.

EISENBERG, JN., *et al.* Disease transmission models for public health decision making: analysis of epidemic and endemic conditions caused by waterborne pathogens. **Environ Health Perspect**. 2002 Aug;110(8):783-90. Disponível em https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12153759/ acesso 30 nov. 2020.

EZZATI, M *et al*. Riscos ambientais no mundo em desenvolvimento: indicadores de exposição para avaliar intervenções, programas e políticas. **Journal of epidemiology and community health**, [*s. l.*], p. 15-22, 2005. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1763362/. Acesso em: 4 jan. 2021.

HELLER *et al*. Participação e controle social em saneamento básico: aspectos teóricos e conceituais. Capítulo 2. In: GALVÃO JR., ALCEU DE CASTRO;

IMADA, K S *et al*. Fatores socioeconômicos, higiênicos e sanitários na redução da diarreia na Amazônia. **Rev. Saúde Pública** , São Paulo, v. 50, 77, 2016. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102016000100248&lng=en&nrm=iso>. acesso em 14 de jan de 2021

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2016. 108p. Inclui bibliografia. ISBN 978-85-240-4398-7. 1. **Pesquisa nacional por amostra de domicílios - 2015.** 2. Levantamentos domiciliares - Brasil. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/timon/panorama> acesso em: outubro de 2015.

JANKOWSKI, M.; KUSKA, JP. **Connected components labeling – algorithms in Mathematica, Java, C++, and C#, Proceeding Sixth International Mathematica Symposium," Banff**, Canada, August 2004. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/254889169_Connected_components_labeling_-_algorithms_in_Mathematica_Java_C_and_C Acesso em: 4 jan. 2021.

MEDRONHO; RA, *et al*. **Epidemiologia**. (org). E. Atheneu. 2ª edição; 2009.

MOTA, J. J. P.; *et al.* SANEAMENTO BÁSICO E SEU REFLEXO NAS CONDIÇÕES SOCIOAMBIENTAIS DA ZONA RURAL DO BAIXO MUNIM (MARANHÃO). **CAMINHOS DE GEOGRAFIA - revista online,** [*s. l.*], p. 140–160, 2015. Disponível em: http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/26850/16885. Acesso em: 4 jan. 2021.

NERI, G. V. A.. **Diagnóstico da situação do saneamento no perímetro urbano da cidade de Timon**, MA. 2015. 108 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública em Meio Ambiente) - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/34358#:~:text=O%20diagn%C3%B3stico%20da%20situa%C3%A7%C3%A3o%20do,de%20decis%C3%B5es%20da%20gest%C3%A3o%20p%C3%BAblica. Acesso em: 4 jan. 2021.

OLIVEIRA; D.W de, FERREIRA, JMF. Mapeamento e Identificação dos Pontos de Disposição Irregular de Resíduos Sólidos Na Área Urbana do Município de São Luís: Uma Análise da Situação com Propostas de Solução para a gestão de resíduos. 2016; 1:25. **REVISTA PANORAMA DE RESÍDUOS SÓLIDOS**. São Paulo: ABRELPE, 2014. Disponível em: http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm, acesso em: 29 de abr de 2019

Organização das Nações Unidas – ONU. **Transformando Nosso Mundo**: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: https://neccint.wordpress.com/2015/09/18/onu-transformando-os-objetivos-domilenio-rumo-a-2030/, acessado em: 10 de out de 2015.

PAIVA, R. F da P de S.; SOUZA, M. F. da P. de. Associação entre condições socioeconômicas, sanitárias e de atenção básica e a morbidade hospitalar por doenças de veiculação hídrica no Brasil. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 1, e00017316, 2018 . Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2018000105003&lng=en&nrm=iso>. acesso 30 abril. 2020.

PAZ, M. G. A. da; ALMEIDA, M. F. de; GUNTHER, W. M. R. Diarreia infantil e condições de saneamento e moradia em áreas periurbanas do município de Guarulhos, SP. **Rev. bras. epidemiol.** , São Paulo, v. 15, n. 1, pág. 188-197, março de 2012. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-790X2012000100017&lng=en&nrm=iso>. acesso em 14 de jan 2016

SOUZA CMN, FREITAS CM de, MORAES LRS. Discursos sobre a relação saneamento-saúde-ambiente na legislação: uma análise de conceitos e diretrizes. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, p. 371-379, Dec. 2007. Disponível: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522007000400003&lng=en&nrm=iso>. access on 13 Jan. 2019.

VIANNA, HM. **Pesquisa em Educação – a observação. Brasília**: Plano Editora, 2003.

WALD, A. Tests of Statistical Hypotheses Concerning Several Parameters When the Number of Observations is Large. **Transactions of the American Mathematical Society**, vol. 54, no. 3, p. 426, Nov. 1943. https://doi.org/10.2307/1990256.

YEO, C.; KAUSHAL, S.; YEO, D. Enteric involvement of coronaviruses: is faecal–oral transmission of SARS-CoV-2 possible? The Lancet Gastroenterology and Hepatology, vol. 5, no. 4, p. 335–337, 1 Apr. 2020. Disponível em https://doi.org/10.1016/S2468-1253(20)30048-0. acesso em 14 de jan 2021

CAPÍTULO 6

ESTUDO DE CASO SOBRE A PERCEPÇÃO AMBIENTAL DOS MORADORES DE UM CONDOMÍNIO SOBRE O DESCARTE DO ÓLEO DE COZINHA

Data de aceite: 01/04/2021

Eduardo Antonio Maia Lins
Universidade Católica de Pernambuco e Instituto Federal de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Natália Dias Feijó
Centro Universitário Maurício de Nassau
Recife – Pernambuco

Adriane Mendes Vieira Mota
Centro Universitário Maurício de Nassau
Recife – Pernambuco

Andréa Cristina Baltar Barros
Centro Universitário Maurício de Nassau
Recife – Pernambuco

Maria Clara Pestana Calsa
Centro Universitário Maurício de Nassau
Recife – Pernambuco

RESUMO: O descarte errôneo do óleo de cozinha tem sido uma problemática discutida em vários âmbitos. Estudos e projetos vêm sendo desenvolvidos para utilização do óleo usado como matéria prima em seus produtos. Mas nenhuma tecnologia será suficiente se as pessoas não forem conscientizadas e educadas para descartar de forma adequada e voluntária seus resíduos. Algumas empresas que fabricam os óleos já estão realizando a logística reversa, uma alternativa no gerenciamento de resíduos. Este trabalho tem o objetivo de mensurar qualitativamente a percepção ambiental dos moradores de um condomínio localizado na capital pernambucana. A metodologia utilizada foi a pesquisa bibliográfica, além de questionário e observação do local. Uma das alternativas mais comuns é a fabricação de sabão e detergente, podendo ser feito em casa, pois não necessita de grandes equipamentos. Hoje há vários projetos de sucesso que utiliza o óleo de cozinha como matéria prima em seus processos para fabricação de sabão, biodiesel, tintas e cosméticos. Com o estudo realizado ficou evidenciado a importância contínua da educação ambiental, uma vez que os moradores têm dificuldade em praticar a coleta seletiva, em reconhecer os impactos gerados e das formas corretas de descartes.

PALAVRAS-CHAVE: Reuso, Efluente Líquido, Logística Reversa.

CASE STUDY ON THE ENVIRONMENTAL PERCEPTION OF RESIDENTS OF A CONDOMINIUM ON THE DISPOSAL OF KITCHEN OIL

ABSTRACT: The erroneous disposal of cooking oil has been a problem discussed in several areas. Studies and projects have been developed for the use of used oil as raw material in its products. But no technology will be enough if people are not made aware and educated to dispose of their waste properly and voluntarily. Some companies that manufacture the oils are already performing reverse logistics, an alternative in waste management. This work aims to qualitatively measure the environmental perception of residents of a condominium located in the capital of Pernambuco. The methodology

used was bibliographic research, in addition to a questionnaire and observation of the place. One of the most common alternatives is the manufacture of soap and detergent, which can be done at home, as it does not require large equipment. Today there are several successful projects that use cooking oil as a raw material in their processes for making soap, biodiesel, paints and cosmetics. With the study carried out, the continued importance of environmental education was evidenced, since the residents have difficulty in practicing selective collection, in recognizing the impacts generated and the correct forms of disposal.
KEYWORDS: Reuse, Liquid Effluent, Reverse Logistics.

1 I INTRODUÇÃO

A preocupação com temas relacionados ao meio ambiente nunca foi tão evidenciada pelas escolas, governos, ONG’s e população, como atualmente. Quando o homem entendeu que ele fazia parte do meio ambiente e que assim como os recursos naturais ele também podia ser extinto, uma nova forma de gerenciar o meio ambiente precisou ser desenvolvida. A grande problemática é encontrar o equilíbrio entre o social e o ambiental, muito se fala em sustentabilidade, embora poucos entendam na integra o conceito.

Sempre houve uma dominação pelos recursos naturais, mas a degradação ambiental teve maior ênfase com a revolução industrial, quando a aceleração de urbanização e o elevado consumo de bens naturais, faziam com que a natureza não conseguisse completar seu ciclo e auto regenerar. Foi quando o conceito que recursos da natureza seriam inesgotáveis modificou (JACOBI, 2003).

Entre os impactos gerados ao meio ambiente, destacam-se a geração de resíduos sólidos, dispostos de forma inadequada. Essas práticas podem acarretar a contaminação de corpos d’água, no assoreamento, em enchentes, proliferação de vetores, transmissão de doenças. Como também a poluição visual, mau cheiro e contaminação do ambiente (MUCELIN & BELLINE, 2007).

Dentre os resíduos sólidos pode-se destacar o resíduo gerado do óleo de cozinha, com uma demanda alta pela vida corrida e agitada da população, o consumo de alimentos fritos tem aumentado, pois é de fácil preparação. Em média, 3 bilhões de litros de óleo de cozinha por ano é consumido pelos brasileiros (ABIOVE, 2013).

O óleo de cozinha jogado diretamente na pia pode prejudicar o meio ambiente, uma vez que o produto sendo encaminhado para as redes de esgoto encarece o tratamento em até 45% e o que permanece nos rios provoca danos aos leitos e terrenos, o que contribui para que ocorram as enchentes. A solução para este problema é a reciclagem do óleo vegetal. E existem várias maneiras de reaproveitar esse produto sem dar prejuízos ao meio ambiente (LOPES, BALDIN 2009). É tão impactante para o ambiente que apenas um litro de óleo contamina até um milhão de litros de água. Esse valor é o suficiente para uma pessoa consumir ao longo de 14 anos (BIODIESELBR, 2007).

O presente trabalho irá quantificar o uso do óleo vegetal e o nível de educação

dos moradores do condomínio Vita Residencial. Sendo importante este levantamento para a partir de dados coletados se conheça o cenário e possam ser tomado medidas para controlar os impactos gerados pelo descarte do óleo usado.

2 I METODOLOGIA

2.1 Tipo de Pesquisa

Foi utilizado um questionário objetivo de pesquisa para os moradores do condomínio Vita Residencial no período de 1 mês, sendo uma amostragem de 180 dos 320 apartamentos ocupados. No momento da pesquisa foi informado a todos o objetivo da pesquisa, deixando livre o interesse ou não de participar. Foi realizado visitas semanais ao condomínio e aos locais de descarte, além de pesquisas bibliografia referente ao tema. Para o grau de confiança de 95% e estimativa de erro de 5%. Aplicou-se a seguinte fórmula: $N = 544$, $Z\alpha/2 = 1{,}95$, $E = 5\% = 0{,}05$

$n = 0{,}25 \times 544 \times (1{,}95)2 = 517{,}14$

$0{,}25 \times (1{,}95)2 + (543) \times (0{,}05)2 = 0{,}95 + 1{,}36 = 2{,}31$

$n = 517{,}14 / 2{,}31$

$n = 224$

$n = 225$ apartamentos participaram da amostra

Assim, adquiriu-se o número da amostra de 225

Onde:
n = número da amostra = 225
N = número da população = 544

$Z\alpha/2$ = valor crítico equivalente Grau de 95%
E = margem de erro = 5% = 0,05

2.2 Caracterização da Área de Estudo

Trata-se de um condomínio localizado na cidade do Recife, região sul, no Bairro da Imbiribeira. Sua localização centralizada é um atrativo pois faz divisa com o Bairro Boa Viagem e do IPSEP. O empreendimento tem um terreno com mais de 17.000 m², sendo 5.500 m² de área verde e lazer. Possui 4 torres de 17 andares, sendo 8 apartamentos por andar, que correspondem a 544 apartamentos.

2.3 Coleta e Análise dos dados

O interesse de abordar o tema de descarte e reciclagem do óleo de cozinha deu-se a partir do número de resíduos gerados pelos condôminos. Apesar de um tema bastante discutido, coleta seletiva e reciclagem, após aplicação dos questionários aos moradores, pôde-se observar que ainda há várias dúvidas, desinteresse, dificuldades e falta de conhecimento e percepção, quanto ao que diz respeito ao descarte correto dos resíduos domésticos, em especial o óleo de cozinha.

O questionário foi distribuído para todos os condôminos através do e-mail do condomínio, onde todos os moradores têm acesso, além de questionários físicos respondidos de imediatos. Ficou claro numa primeira percepção a falta de interesse, dos 544 apenas 320 apartamentos estavam habitados, mas apenas 32 responderam totalizando 10% da amostragem.

O questionário continha 10 perguntas objetivas sendo três ligadas a idade, gênero e escolaridade. Os dados foram compilados em planilhas eletrônicas para posterior geração dos gráficos e análise. Segundo Veiga Neto (2002), no instrumento da coleta de dados não se deve utilizar frases longas ou que possam gerar múltiplas ideias uma vez que os entrevistados não terão clareza e objetividade quanto à compreensão das perguntas utilizadas no material da pesquisa.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando cada informação obtida das respostas dos questionários, dos 32 entrevistados que participaram desta pesquisa, 66 % eram do sexo feminino e 34% do sexo masculino. As faixas etárias dos entrevistados foram divididas em quatro categorias: 18-28 anos, 29-39 anos, 40-50 anos e acima de 50 anos (Figura 1), ficando evidente que as faixa etária que mais se destacou foi entre 29-39 anos, devido ser um imóvel novo onde em sua maioria é primeira aquisição, correspondendo 56 % dos entrevistados que responderam os questionários aplicados.

O consumo mensal de óleo dos moradores do Vita não é alto, uma vez que a média de consumo por brasileiro chega em média 20 litros por ano (ECOLEO, 2013), sendo consumido em maioria 1 garrafa por mês que correspondem a 75% dos entrevistados em uma família de 3 pessoas. A Figura 2 representa o consumo mensal de óleo por família. Pôde-se perceber que os moradores têm um nível bom de informação na área da saúde, uma vez que as campanhas são bastante atuantes em relação a alimentos muito ricos em gorduras que podem levar a obesidade e morte precoce. Os moradores não consomem muito óleo, mas mesmo em pequenas quantidades é o suficiente para gerar grandes impactos, uma vez que 1L de óleo acaba com oxigênio de 20 mil litros de água.

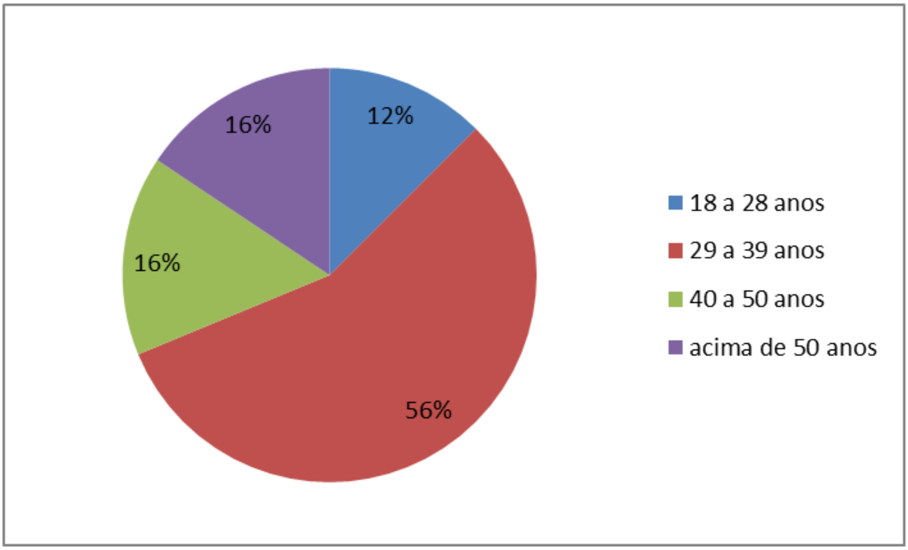


Figura 1. Distribuição das faixas etárias dos entrevistados do condomínio Vita Residencial.

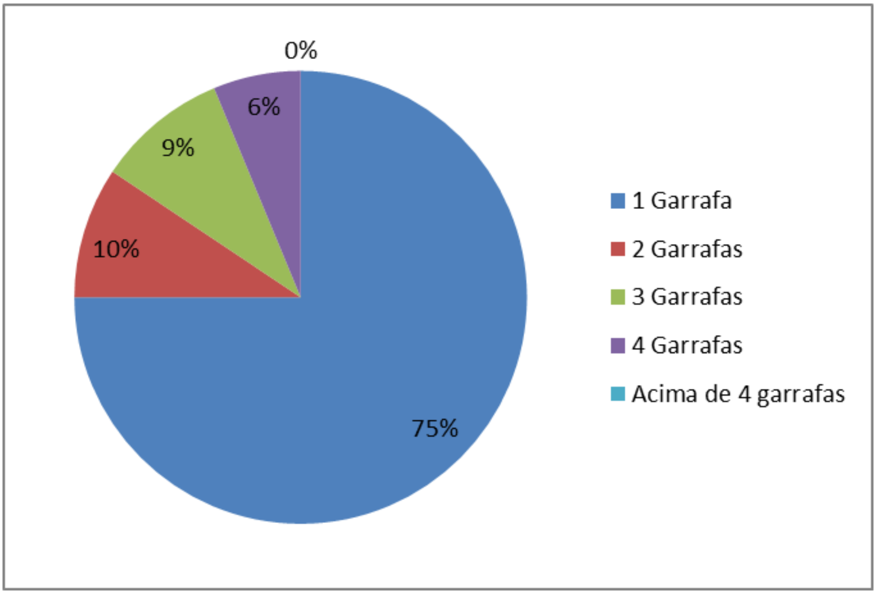


Figura 2. Quantidade mensal de óleo consumido dos entrevistados do condomínio Vita Residencial.

Apesar das possibilidades, o óleo de cozinha utilizado ainda é pouco usado. Não existem estatísticas oficiais quanto ao percentual de óleo de cozinha que volta aos ciclos produtivos. O estudo de Santos (2009, p. 30) defende que “[...] no Brasil são descartados 9 bilhões de litros de óleo de cozinha por ano, mas apenas 2,5% de todo esse óleo de fritura

é reciclado”. Se forem considerados esses dados ou, mesmo, estatísticas aproximadas, deduz-se que são reaproveitados de maneira adequada em torno de 225 milhões de litros de óleo de cozinha por ano. Por outro lado, os resíduos descartados de maneira inadequada no meio ambiente, a cada ano, apresentam potencial para poluir 8,775 trilhões de m3 de água. Para se ter uma noção do quanto esse volume representa sobre a água tratada, a Sabesp, por ano, na região metropolitana de São Paulo, trata 3,311 bilhões de m^3 (SABESP, 2012).

Com relação ao nível de escolaridade, o questionário comportava do ensino médio/técnico ao doutorado/mestrado (conforme Figura 3), onde 66% dos moradores entrevistados possuíam ensino superior e pós graduação e, no entanto, descartavam de forma errada.

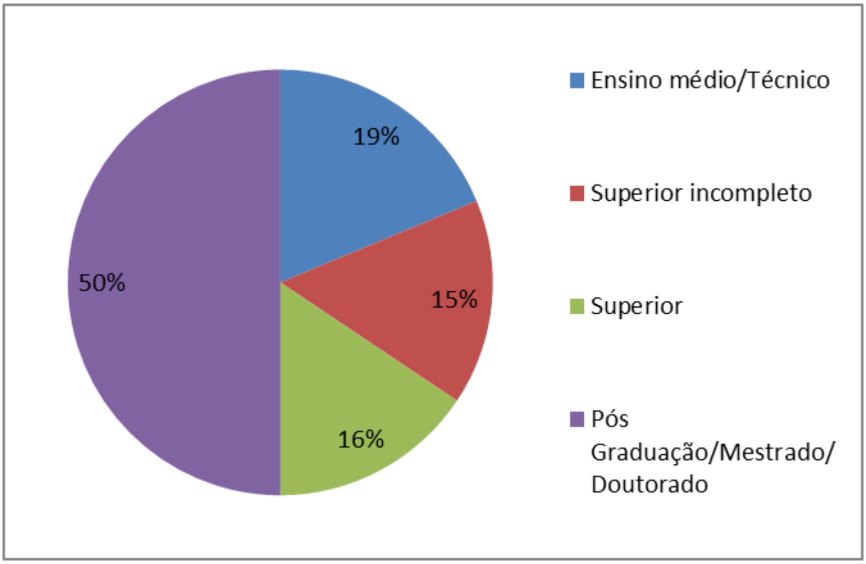


Figura 3. Nível de escolaridade dos entrevistados.

Ainda de acordo com a pesquisa a maior forma de descarte é diretamente na pia com 44% seguido de garrafas pet e depois no lixeiro, totalizando 47%, apenas uma pequena parcela de 9% descarta de forma correta, em coletor específico para óleo (Figura 4).

Utilizando as informações da Figura 3, observou-se que o descarte incorreto ocorre por falta de informação ambiental ou falta de percepção quanto a importância de conservação do meio ambiente. A Figura 4 corresponde a pergunta: qual o principal motivo/dificuldades para não descartar o óleo de cozinha em coletores específicos? Deixando clara a falta de educação ambiental como dificuldade para se obter informações dos locais de descarte adequado. A Resolução CONAMA 362/2005: dispõe sobre a proibição de quaisquer descartes de óleo usados em solos, águas superficiais, subterrâneas, no mar

territorial e em sistemas de esgoto ou evacuação de águas residuais. Mesmo havendo uma lei específica para o resíduo do óleo, pouco se divulga e fiscaliza.

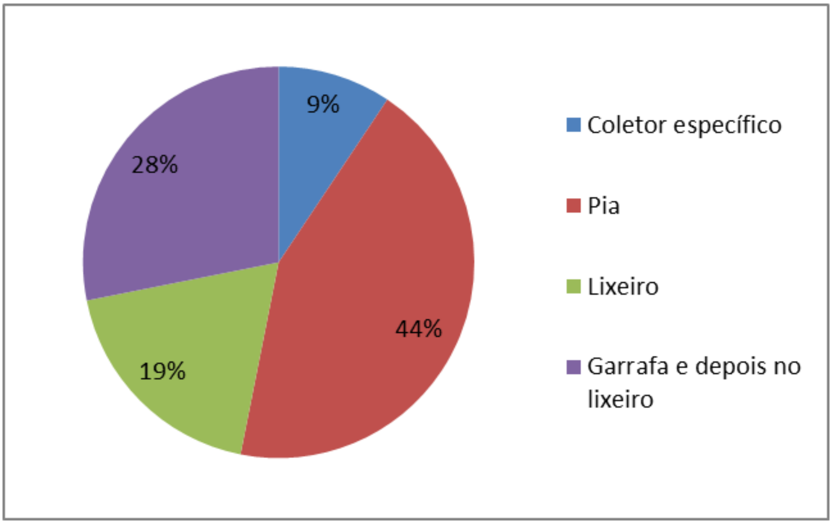


Figura 4. Formas de descarte do óleo usado.

Quanto ao nível de percepção e educação ambiental, foram realizadas as seguintes perguntas:

- Se houvesse no prédio um coletor de óleo, você descartaria o óleo usado?
- Você tem conhecimento de que o óleo de cozinha quando descartado de forma errada traz problemas (contaminação de águas, solo, entupimento de tubulações)?

Embora quase que em sua totalidade como mostra a Figura 6, mesmo sabendo dos impactos negativos ambientais que o óleo de cozinha acarreta por diversos motivos, não o descarta em coletor específico. Pode-se evidenciar que a forma mais comum de descarte é lançando no lixo doméstico. Isso se dá pelo fato de as pessoas acharem que mesmo não sendo a forma correta, o impacto negativo gerado não as afetará diretamente.

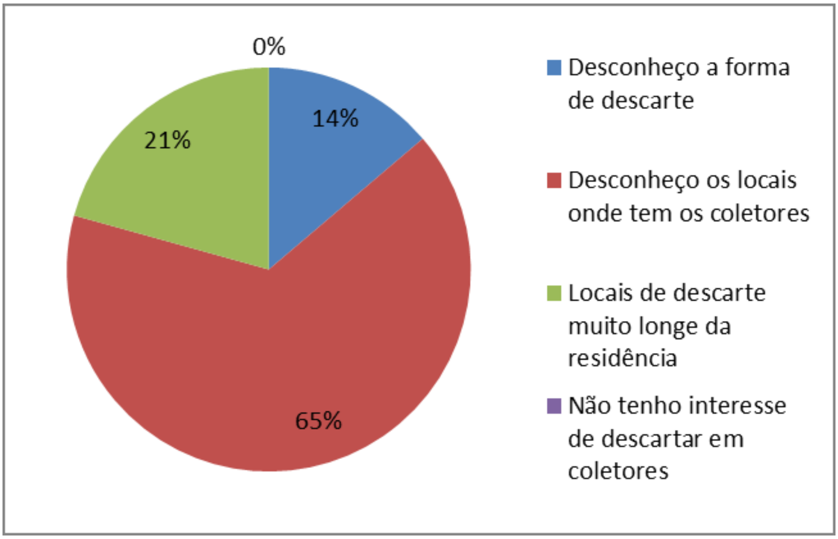


Figura 5: Principal motivo para não descarta em coletores específicos para óleo.

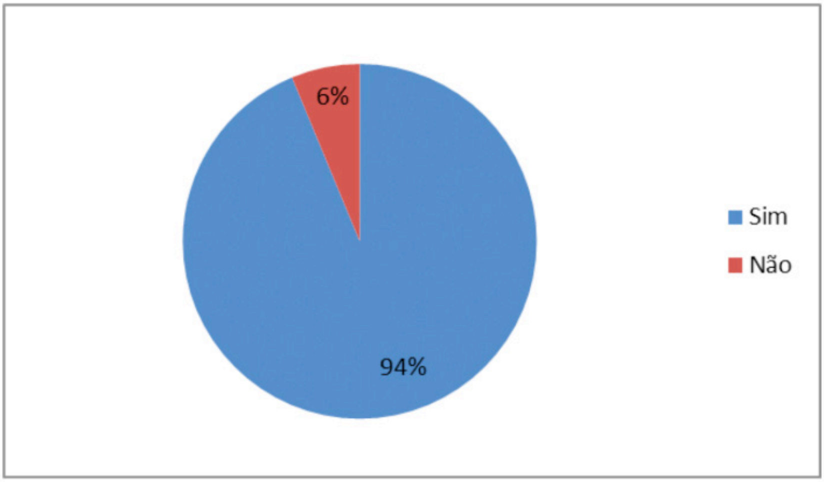


Figura 6. Você tem conhecimento que o óleo de cozinha quando descartado de forma errada traz problemas?

A Figura 7 está relacionada a seguinte pergunta: Você sabia que há empresas que coletam e reciclam nossos óleos usados para utilizar como matéria prima em seus produtos?

A maioria dos moradores, mesmo tendo nível superior e pós graduação, desconhecem a importância de temas ambientais em seu contexto no dia a dia. Na Lei 9.795 de 1999 sobre a política nacional de educação ambiental, diz em seu artigo 2º que a educação ambiental deve estar presente em todos os níveis e modalidade do processo educativo,

em caráter formal e não formal. No artigo 9º entende-se por educação escolar todas as redes públicas e privadas, desde o ensino infantil até a educação superior e profissional. Se comparado com a idade, conclui-se que os moradores foram estudantes que não tiveram como disciplina a educação ambiental, pois concluirão seus cursos antes da exigência da educação ambiental como disciplina.

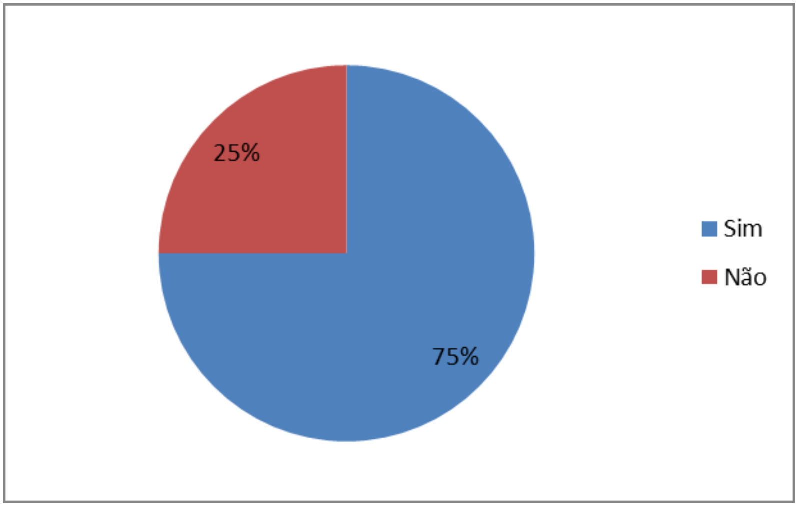


Figura 7: Você sabia que há empresas que coletam e reciclam nossos óleos usados para utilizar como matéria prima em seus produtos?

Diante da identificação dos impactos negativos, tornou-se necessária a realização de uma proposta, com ações mitigadoras para a redução dos impactos mais significativos (Quadro 1). Outras ações voltadas não apenas a resíduo, mas ao consumo de água e energia. Um quadro de avisos, por exemplo, seria uma forma simples para atingir não apenas os moradores, mas também os visitantes. Hoje se tem este recurso disponível, mas a ausência de percepção quanto importância não faz com que se use para conscientizar os moradores do condomínio Vita. Outro fator que não ajuda para conscientização é a falta de coletores para segregação ficando evidente que ainda falta um cuidado voltado ao meio ambiente, tanto dos moradores que não exige quanto a administração que não disponibiliza.

OPORTUNIDADES DE MELHORIAS - SUGESTÃO PARA IMPLANTAÇÃO	
Ausência de coletores para coleta seletiva - apenas um coletor para todos os resíduos	Comprar coletores específicos para serem colocados em cada andar e após serem levados para área de resíduos. Realizar parcerias com empresas de coleta e reciclagem (cooperativas), gerando renda para o condomínio e para cooperativa.
Ausência de informações sobre educação ambiental nos quadros de avisos do prédio	Realizar quinzenalmente avisos com informações ambientais - conscientização, percepção das questões voltadas ao meio ambiente nos quadros dos elevadores.
Ausência de coletor específico para óleo	Contatar empresa específica para dispor quatro tambores para reciclagem do óleo usado, sendo dispostos em cada torre
Ausência de informações sobre o local de descarte do óleo usado, seus impactos e a forma de condicionar	Contatar empresa para realizar palestras sobre os impactos gerados pelo óleo usado, qual a forma de descarte e qual utilização é dada ao óleo de cozinha se descartado de forma correta.

Quadro 1: Impactos versus medidas de controle.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os moradores através dos questionários apresentaram baixa percepção com temas relacionados à coleta seletiva em especial ao descarte do óleo usado. Com nível de escolaridade alto, no entanto a educação ambiental não faz parte do contexto da maioria dos moradores do condomínio estudado.

As não conformidades encontradas deixam claro o não cumprimento às legislações vigentes, sendo necessária uma fiscalização mais efetiva dos órgãos responsáveis, uma vez que a prefeitura libera empreendimentos residenciais sem o mínimo de exigências ambientais, preocupando-se apenas com a fase de construção.

Ficou evidente que ações voltadas a educação ambiental precisam ser realizadas com frequência, para que os moradores tenham um processo de assimilação contínua e possam passar não só a descartar os resíduos de forma segregada, mas reduzir o consumo dos resíduos gerados e serem agentes multiplicadores locais.

O estudo deixa evidente através dos resultados apresentados que ainda há muito a se fazer para conscientização ambiental, uma vez que 66% dos moradores têm curso superior e pós graduação, mas, no entanto, descartam de forma incorreta por falta de percepção dos impactos negativos gerados ou mesmo por falta de informação adequada.

REFERÊNCIAS

ABIOVE. Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. 2012. Disponível em: <http:// www.abiove.com.br/menu_br.html>. Acesso em: 18 jan. 2019.

BIODIESELBR. Não jogue o óleo de fritura. 2007. Disponível em:<http://www.biodieselbr.com/noticias/biodiesel/nao-jogue-oleo-de-fritura-03-04-07.htm>. Acesso em: 20 nov. 2020

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 362, de 23 de junho de 2005**. Dispõe sobre o recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado. Brasília, 2005.

BÁSIO, P. **Caracterização do Descarte do Óleo de Cozinha Utilizado no Município de Matelândia e seus Impactos no Meio Ambiente**. Monografia de Especialização na Pós Graduação em Gestão Ambiental em Municípios da Universidade Tecnológica Federal do Paraná □ UTFPR □ Campus Medianeira, 2014.

JACOBI, P. **Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade**. Cad. Pesquisa, São Paulo, n. 118, p. 189-206, Mar. 2003.

LOPES, R. C.; BALDIN, N. **Educação Ambiental para a reutilização do óleo de cozinha na produção de sabão-projeto "Ecolimpo**", 2009.

MUCELIN, C. A.; BELLINI, M. Lixo e Impactos Ambientais Perceptíveis no Ecossistema Urbano. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 20 (1): 111-124, jun. 2008.

SABESP, **Relatório de Sustentabilidade**, São Paulo, SP, 2012.

SANTOS, R. S. **Gerenciamento de resíduos: coleta de óleo de cozinha**. Trabalho de Conclusão de Curso em Tecnologia em Logística, Faculdade de Tecnologia da Zona Leste, São Paulo, 2009, 52 p.

VEIGA-NETO, A. Olhares. In: COSTA, Marisa. V. (Org.). **Caminhos investigativos: novos olhares na pesquisa em educação**. Rio de Janeiro. DP&A, 2002. p. 23-38.

CAPÍTULO 7

SUBTRAÇÃO DE VOLUMES EM ATERROS SANITÁRIOS: GESTÃO DE RESÍDUOS DE PODA DE ÁRVOES URBANAS

Data de aceite: 01/04/2021

Barbara Lucia Guimarães Alves
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Brasil
Universidade Federal do Rio de Janeiro

RESUMO: A pesquisa possibilitou um olhar sobre a questão de excesso de resíduos de podas de árvores urbanas remetido aos aterros sanitários. Assim, teve como objetivo desenvolver um modelo de gerenciamento para os resíduos de poda de árvores visando a sua utilização, com a possibilidade de minimizá-los na disposição final. A metodologia baseou-se na criação um modelo diferenciado do ponto de vista legal, gerencial, tecnológico e econômico, que pudesse servir de base à pesquisa e gerar estratégias para beneficiar o meio ambiente. Foi feita uma apreciação no Centro de Tratamento de Resíduos Sólidos de Gericinó, para a qual foi elaborada a proposta de criação de uma Usina Verde nas áreas já desativadas do aterro, visando a sua revitalização. Esta ação contemplaria a região com um bosque, onde seriam absorvidos os subprodutos dos resíduos de poda. Haveria, também, a probabilidade de destinação certa, para a composição do mobiliário urbano da cidade, cuja ação poderia privilegiar a capacidade operacional dos catadores nas etapas de obtenção de compostos orgânicos e partes de plantas.
PALAVRAS-CHAVE: Árvores, podas e gerenciamento.

ABSTRACT: The research made it possible to look at the issue of excess waste from urban tree pruning sent to landfills. Thus, it aimed to develop a management model for tree pruning waste with a view to its use, with the possibility of minimizing it in the final disposal. The methodology was based on the creation of a different model from a legal, managerial, technological and economic point of view, which could serve as a basis for research and generate strategies to benefit the environment. An appraisal was made at the Gericinó Solid Waste Treatment Center, for which the proposal for the creation of a Green Plant in the deactivated areas of the landfill was prepared, aiming at its revitalization. This action would contemplate the region with a forest, where the by-products of the pruning residues would be absorbed. There would also be a likelihood of a correct destination for the composition of the city's urban furniture, whose action could favor the pickers' operational capacity in the stages of obtaining organic compounds and plant parts.
KEYWORDS: Trees, pruning and management.

1 I INTRODUÇÃO

A geração de resíduos através dos tempos vem se tornando cada vez mais significativa (Sisinno & Oliveira, 2000), em função do aumento populacional mundial e do crescimento constante dos padrões de consumo. No Brasil, segundo a Associação Brasileira de Empresa de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) (2014), a geração de resíduos sólidos urbanos em 2014

foi de aproximadamente 78,6 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 2,9% de um ano para outro, índice superior à taxa de crescimento populacional no país no período, que foi de 0,9% nos dados de geração anual e per capita em 2014, comparados com 2013. Já em 2018 e 2019, se a produção de lixo aumentou 1%, a coleta aumentou 1,66% (ABRELPE) (2019). Em virtude de tal realidade, propostas de gerenciamento têm sido efetivadas na intenção de solucionar as mazelas ambientais decorrentes desses conflitos.

Medidas compensatórias no contexto do paisagismo urbano podem ajudar a reverter esse processo. Estratégias podem ser criadas no sentido de equilibrar as áreas edificadas e áreas arborizadas, gerando, dessa forma, um conforto ambiental. Segundo Laera (2006), na cidade do Rio de Janeiro, a arborização urbana constitui um dos componentes principais do paisagismo carioca e compõe um estreitamento entre elementos naturais fitogeográficos e elementos da malha urbana, influindo, decididamente, na qualidade de vida da população, bem como no traçado paisagístico da cidade. Os serviços ambientais, como a arborização urbana, influenciam o bem-estar dos indivíduos, apresentando-se na mesma proporção que os bens materiais. Porém, os resíduos provenientes de intervenções nas árvores de uma cidade, carecem de ações que as possam conjugar com novas tecnologias de aproveitamento. Sabe-se, que o manejo do arvoredo urbano é fundamental e imprescindível para a boa disposição dos elementos paisagísticos das vias urbanas.

Pode-se afirmar que o estudo está particularizado para a questão da gestão dos resíduos de poda, dando ênfase a subutilização econômica de seus resíduos, como forma de redução na fonte, no sentido de viabilizar o tempo de vida dos aterros sanitários e/ou controlados, fazendo com que propostas como essas sejam uma prerrogativa para se melhorar a qualidade ambiental de acordo com Eigenheer, Ferreira e Adler (2005).

Dentro dessa perspectiva, suscita-se a necessidade de uma abordagem legal, gerencial, tecnológica e econômica que sirva de base de conhecimento, para alicerçar as possíveis probabilidades do estudo.

Faz-se necessário, também, um entendimento em torno dos conflitos na arborização pública, para que sejam mais bem administrados. De igual importância, é o conhecimento dos diferentes métodos de valoração de árvores urbanas, no sentido de se fazerem compreender os valores embutidos nos resíduos de poda. Da mesma forma, serão observados os critérios estabelecidos para a disposição final dos resíduos, com enfoque particularizado no Estudo de Caso referente à Fundação Parques e Jardins – Subgerência de Hortos da Diretoria de Arborização e Produção Vegetal (Unidade Taquara, Rio de Janeiro), a qual exerce o manejo do arvoredo urbano nos bairros da Barra da Tijuca e Jacarepaguá (Alves, 2007). Nesse ínterim, será dada uma atenção prioritária ao Centro de Tratamento de Resíduos Sólidos de Gericinó, pelo fato do aterro recepcionar grande parte dos resíduos da área que se pretende estudar. As condições necessárias para a implantação de um sistema de reaproveitamento de resíduos de podas de árvores de domínio público

devem ser avaliadas, ressaltando-se as espécies mais podadas e a utilização do material proveniente das mesmas.

2 I GESTÃO NA FONTE DOS RESÍDUOS DE PODA DE ÁRVORES

Devem-se concentrar esforços no sentido de priorizar as ações de gestão de resíduos na sua fonte geradora. Deve-se considerar que o procedimento ocorra imediatamente após a retirada da galhada das vias públicas. Em relação ao arvoredo urbano, esta ação torna-se difícil, devido às características das cidades. Seria viável, de acordo com critérios técnicos, a coleta prévia de sementes antes da indicação para poda ou remoção de árvores, quando necessárias, com a finalidade de aproveitamento e objetivando a criação de um banco de sementes por parte da Fundação Parques e Jardins do Rio de Janeiro e/ou de seus credenciados.

3 I VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE PODA URBANA

Embora seja difícil uma abordagem sobre a valorização de resíduos oriundos das árvores urbanas, Bidone (2001) ressalta a importância da redução de resíduos na origem, ação que requer modificação ou substituição em processos e equipamentos de produção e de materiais, e alteração de hábitos em decorrência dessas mudanças. A reciclagem garante o retorno desse material ao sistema produtivo como matéria prima. Segundo Bidone (2001), a compostagem, entendida como a confecção de compostos orgânicos a partir de resíduos para utilização na agricultura. Quaisquer que sejam as metodologias aplicadas a esses materiais, estarão em evidência os aspectos ambientais e financeiros, traduzindo-se em respostas positivas. É importante salientar, neste estudo, a preponderância da utilização de materiais vegetais de menor diâmetro, usados para compostagem, em detrimento daqueles de diâmetro maior, economicamente menos explorado. Quanto às madeiras de bitola maior, não têm sido elaborados muitos trabalhos científicos acerca de seu aproveitamento, tornando-se alvo de trabalhos artesanais com alguma utilização paisagística, ou ainda subutilizadas como elementos decorativos. Destarte, reduzindo volumes consideráveis na sua destinação final. Esse material, também, pode se transformar em lenha, servindo como combustível ou como moeda de troca em olarias. É uma realidade a utilização de madeiras para formação de carvão, que, por vezes, não ocorre dentro da ilegalidade, carecendo de ações por parte do Poder Público (Alves, 2007). Outras utilidades podem ser atribuídas aos resíduos, em especial as partes de plantas.

4 I SUBUTILIZAÇÃO DE PARTES DE PLANTAS A PARTIR DE RESÍDUOS DE PODAS URBANAS

A grande variedade de madeiras obtidas, nos serviços de poda realizadas pela

Fundação Parques e Jardins no município do Rio de Janeiro, é um indício da necessidade de um estudo detalhado, no sentido de que possam ocorrer, em um futuro próximo, medidas que possibilitem a segregação de diferentes tipos de resíduos, de acordo com as diversas possibilidades de reaproveitamento e destinação a serem realizadas A gama de utilidades referentes a esse material é significativa. O potencial energético é indiscutível, a existência de madeiras nobres é real para diversos usos. As madeiras mais macias se prestam à fabricação de muitos utensílios utilizados pela população. A serragem é prensada, de forma à obtenção de briquetes, para queima em fornos.

Uma vez realizado o mapeamento de espécies por região, pode-se traçar um planejamento com as possíveis tendências de utilização por espécies. Este procedimento vem ao encontro das necessidades de redução de material orgânico largamente disponibilizado para os aterros sanitário ou controlados e, até mesmo, para lixões. Essa seria uma medida que beneficiaria a vida útil dos mesmos (Sisinno & Oliveira, 2000). No Rio de Janeiro, o aterro controlado de Gericinó, que já estão tecnicamente extinto, carece de atividades complementares.

A Prefeitura, de acordo com o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Rio de Janeiro (Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 2012), buscando identificar alternativa de destinação para resíduos de poda do arvoredo urbano, da ordem de 40 t/dia, constituído de material volumoso de difícil compactação e de características de decomposição diferenciada, estão sendo estudadas, em parceria com empresas do ramo, alternativas técnicas e ambientalmente viáveis para o seu reaproveitamento. Evitando o encaminhamento para disposição em aterros, garantindo o aumento de sua vida útil, fomentando o aproveitamento de resíduos como fonte energética ou como insumo para a produção de compostos orgânicos para fins agrícolas e paisagísticos. E, ainda, estabeleceu metas para garantir que os resíduos gerados nas atividades de podas da arborização municipal para que tivessem destinação ambientalmente adequada em 50% dos resíduos gerados até 2016 e em 100% até o final de 2020. A ênfase seria na compostagem, aproveitamento energético, desde que identificada a alternativa técnica, econômica e ambientalmente sustentável (Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 2012).

Obviamente, a proposta do estudo pressupõe novas problemáticas. Uma das mais consistentes diz respeito à disponibilidade de área para segregação de materiais e consequente armazenagem dos mesmos. Do ponto de vista econômico, sugere-se a implantação de sistema monetário que possibilite a retirada de parcelas podadas, por empresas interessadas, que possam reverter através de medidas compensatórias, a exemplo do já ocorre em relação ao Habite-se, o valor das mudas, de tal forma a originar recursos para implantação de tais áreas (Alves, 2007).

Acena-se para a possibilidade, também, de um plantio programado, priorizando-se a formação de mudas para diferentes destinações (Sanders, 1984), no sentido de reduzir ilhas de calor, recompor a mata ciliar, cinturões verdes para aterros sanitários, programação

para baixadas - visando redução de alagamentos, proteção de encostas, reuso de águas residuais, criação de barreiras limítrofes nas áreas de conservação, entre outros (Alves, 2007). Pode-se exemplificar, de acordo com Laprovitera (2005), em seu estudo sobre Aproveitamento de Resíduos de Poda e da remoção de Árvores de Domínio Público na Cidade do Rio de Janeiro. O autor propõe conforme o experimento realizado no Centro de Tratamento de Resíduos do Caju - RJ, que seja feita uma triagem dos resíduos provenientes de podas, determinando seis classes distintas, a saber: ramos finos e folhagem; lenha de pequena bitola – diâmetro máximo de cinco cm; lenha de média bitola – diâmetro de 5 a 10 cm; toras de bitola inferior – diâmetro de 10 a 20 cm; acima de 20 cm e raizeiros. Privilegiando, dessa forma, que os materiais não somente possam ser subutilizados para compostagem, apontando, assim, outras pistas para o aproveitamento de resíduos de poda de árvores de acordo com as Figuras 1-2, interferindo na paisagem urbana e também no social, posto que as pessoas se beneficiem desse mobiliário.

Interessante é que as práticas se conjuguem, tendo uma utilização maior dos subprodutos de poda, através do composto, da adubação verde ou do uso do biodigestor.



Figuras 1 e 2: Elementos paisagísticos na Praça Candido da Silva Mendes, Taquara, Rio de Janeiro

Nesse contexto, observou-se a Administração Pública centrada e descentralizada (Madeira,2003), a partir disso, foi elaborado um fluxograma que evidencia uma concepção para o reaproveitamento de resíduos de poda com base na estrutura administrativa da Cidade do Rio de Janeiro (Figura 3).

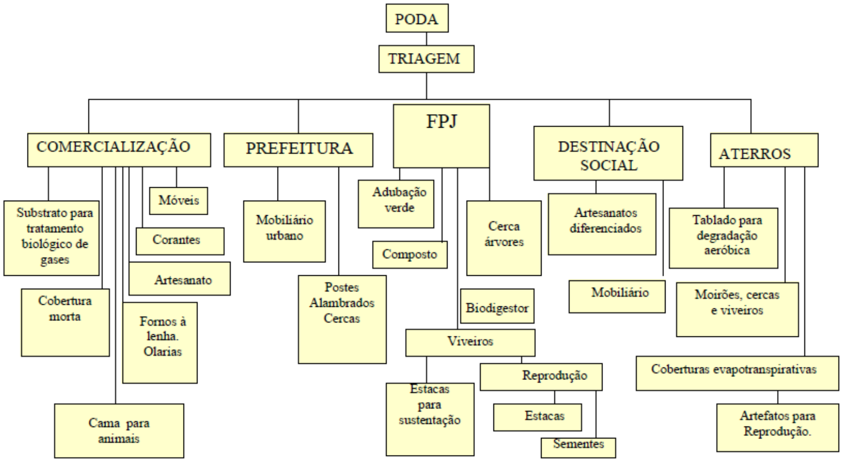


Figura 3: Fluxograma de concepção de reaproveitamento

O Fluxograma delineado acima traça uma concepção de reaproveitamento baseada na estrutura da Cidade do Rio de janeiro, porém há possibilidades de adaptação para outras cidades (Alves, 2007).

5 I ESTUDO NA FUNDAÇÃO PARQUES E JARDINS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

Num primeiro segmento, foram elaboradas propostas de segregação diferenciadas em: em sementes, para reprodução; folhas e galhos de menores diâmetros destinados à trituração e posterior compostagem; escolha de partes para reprodução; material de maior diâmetro, para os quais se sugere separação em seis classes de bitolas distintas para aplicações diversas (Baratta, 2007).

Sugeriu-se também a elaboração de uma matriz com diferentes formas de aproveitamento econômico das árvores, com base em um estudo elaborado por Baratta (2007). Foram selecionadas trinta e duas espécies arbóreas, das quais se destacaram doze, com maior representatividade em volume de poda. Essa seleção permitiu que se criasse uma matriz com diferentes formas de aproveitamento por espécies. A pesquisa foi realizada com base em uma seleção de árvores no domínio da Fundação Parques e Jardins do Rio de Janeiro, com base nas anotações técnicas de Lorenzi (2000, 2002). A utilização econômico-ecológica foi elaborada de acordo com as características das madeiras das árvores da região, segundo Alves (2007).

6 I ELABORAÇÃO DE PLANO DE GESTÃO INTEGRADA

Para dar a destinação para cada material oriundo da poda de árvores, selecionaram-

se alguns dos entes municipais da Cidade do Rio de Janeiro, mais propícios ao aproveitamento em ações integradas, em busca de eficiência (Alves, 2007). O plano de gestão é de fácil elaboração a partir do modelo, podendo-se dessa forma, aplicá-lo à outras municipalidades, conforme fluxograma a seguir (Figura 4).

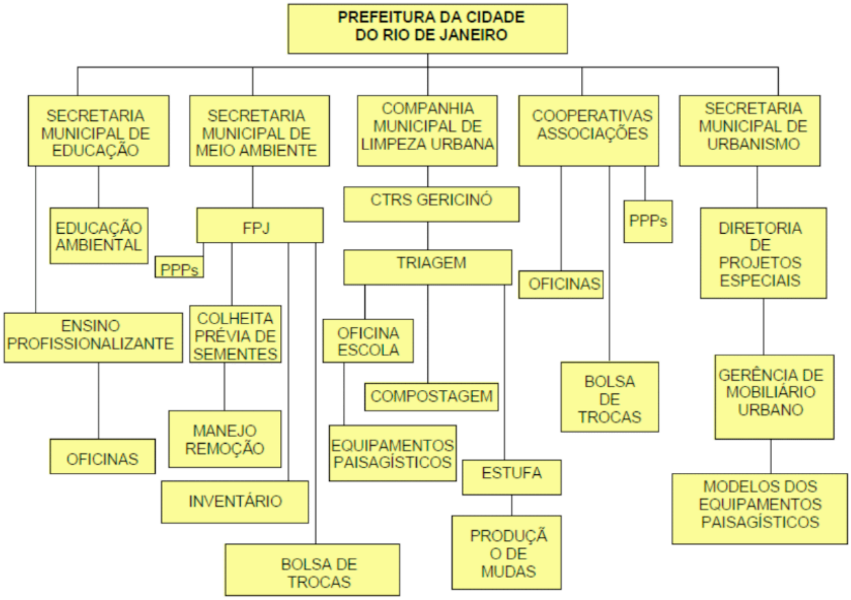


Figura 4: Plano de gestão integrada

Diante das possibilidades apresentadas, se poderia fazer uma modelagem para o aproveitamento dos resíduos de poda de árvores urbanas?

7 I MODELO DE APROVEITAMENTO EFICIENTE DOS RESÍDUOS DE PODAS DE ÀRVORES URBANAS

O modelo abaixo corresponde ao Modelo Eficiente de Aproveitamento dos Resíduos de Poda de Árvores Urbanas (Figura 5), visando alcançar eficiência pela destinação correta dos subprodutos provenientes da poda de árvores. Foram especuladas todas as possibilidades de aproveitamento, supondo-se, para tal, que se crie uma estrutura no aterro receptor. Inclui-se uma proposta paralela para o local para onde serão destinados, entre os quais sugerimos a estruturação de um galpão – que poderá utilizar resíduos de construção civil - para segregação e elaboração de materiais pertinentes à proposta. Para tanto se pressupõe total integração com os entes municipais. Vislumbra-se a criação de oficinas de trabalho para os catadores, minimizando fatores como sofrimento, desigualdade, alienação, promovendo uma identidade cultural, portanto, sua inclusão social (Alves, 2007). Partindo-

se da premissa, de acordo com Moscovici (2011), de que o trabalho digno interage com a identidade do indivíduo em sua função social e com a sua sobrevivência.

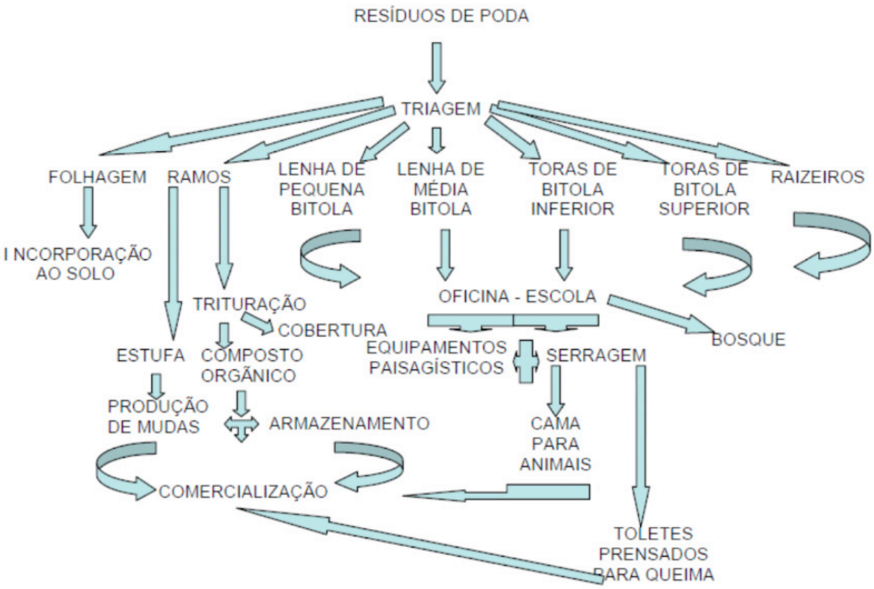


Figura 5: Modelo Eficiente de Aproveitamento dos Resíduos de Poda de Árvores Urbanas

Posteriormente ao encerramento de atividade nos aterros, propõe-se a formação de um bosque, devido às características de instabilidade do terreno pós encerramento de atividades nos aterros sanitários e similares. Suscita-se, a partir do modelo elaborado (Figura 5), a construção de um pátio para a segregação da galhada e de dois galpões a serem construídos em aterros sanitários. Desses, um destinado a uma oficina-escola, e outro para abrigar o maquinário e o ferramental para a obtenção do composto orgânico. O pátio para triagem deverá comportar as classes distintas de segregação de árvores estabelecidas por Laprovitera (2005) prevendo-se espaços para estocagem de do material triturado, uma área para o peneiramento, e outra para o ensacamento do composto orgânico obtido. Propõe-se a construção de uma estufa agregada ao bosque em composição, com a função de abrigar as mudas obtidas por reprodução sexuada, por sementes e reprodução assexuada por partes de plantas (Alves, 2007). Para outras atividades seriam necessários equipamentos - trituradores, peneiras, motosserras, machados, carrinhos adaptados para carregamento dos troncos, tesouras de poda e um micro trator com carreta. Além daqueles destinados às atividades de marcenaria, serras tico-tico, serras circulares, lixadeiras, furadeiras, entre outros. Seria importante a disponibilização uma autoclave, destinada à imunização de madeiras. Em função de apoio humano/logístico, sugere-se, de acordo com

Alves (2007) a mão-de-obra dos ex-catadores, quando encerradas as atividades no aterro, resgatando-se a dignidade dos mesmos, gerando um benefício socioambiental.

8 | MATERIAIS E MÉTODOS

Como diretriz metodológica, com base em Lerner (1992), foi utilizado o método de raciocínio indutivo e se complementou por meio de pesquisas de natureza qualitativa e quantitativa. O foco da pesquisa se concentra no estudo, no qual foi colocado em evidência as condições de alguns municípios do Rio de Janeiro, no que se refere aos resíduos sólidos.

Quanto à abordagem multimetodológica, se baseou na coleta de dados, através de documentação indireta, com pesquisa documental e bibliográfica e através de entrevistas. Constou de questionários mistos (abertos e fechados) para medição de variáveis individuais. As entrevistas e a análise dos dados se procederam por intermédio de fluxogramas e tabelas.

Quanto ao detalhamento, propôs-se um estudo do contexto social dos trabalhadores, envolvidos na coleta de materiais dispostos nos vazadouros e suas possíveis inclinações para as melhorias propostas. Também foram pesquisadas as espécies arbóreas que têm como características comuns à expressividade em quantidade de material residual, podado no município do Rio de Janeiro, onde foram feitos intervenções no arvoredo urbano, que podem servir de base à proposta. A partir dos resultados pesquisados, foi proposta a realização de uma matriz, cujo objetivo é demonstrar diferentes formas de aproveitamento econômico por espécie, cujas madeiras são recolhidas e dispostas em aterros. Para os resíduos de podas, provenientes de árvores urbanas demonstraram-se possibilidades e tendências de transformação da destinação final, para todos os componentes das espécies arbóreas. Por intermédio de triagem, segregando-se o material para posterior compostagem (Baratta, 2007) e material de maior diâmetro para os quais se sugere separação em bitolas distintas (Laprovitera, 2005), com intuito de atender as demais utilidades descritas no projeto.

A metodologia se aplica por se basear em pesquisa seletiva de espécies com destino certo, na área de concentração do estudo. Os dados obtidos foram classificados de acordo com a segregação do material.

A interpretação e Análise dos Dados Coletados e Resultados envolveu os dados do material em estudo, a partir de observações feitas através das visitas realizadas, das consultas levadas a efeito, pela diagnose desenvolvida no estudo. A pesquisa de caráter social se baseou nas respostas obtidas em entrevistas e questionários, levando-se em consideração a documentação investigada para elaboração de um consenso único das condições estabelecidas para os catadores, bem como das espécies estudadas.

9 I CONCLUSÃO

Para a organização de políticas públicas supõe-se que deva haver distribuição igualitária de investimentos em infraestrutura. A disponibilização de recursos financeiros, em geral, é insuficiente para a solução de problemas ambientais. A participação conjunta do governo e da sociedade faz-se supostamente necessária. Neste contexto, é importante a interpretação multidisciplinar, envolvendo diferentes variáveis. Destarte, urge a verificação do limite de capacidade dos aterros regionais. Como também, necessita-se de investimentos em atividades para os catadores de resíduos, como medida preventiva após encerramento de atividades nos aterros. Pistas apontam para alternativas que podem priorizar redução de gastos com transporte de materiais residuais e valorização das árvores, que podem estar embutidas nos resíduos de poda. Apesar de limitações pontuais, como: impossibilidade de segregação dos resíduos na fonte e quanto a limitação de mão de obra, para supri-la, sugere-se instruções aos funcionários da administração pública e catadores, gerando gestão participativa e estabilidade socioambiental. Quanto a limitação econômica para manejo nos aterros sanitários em função de iminências de sua extinção, o estudo pode oferecer condições para encerramento de um ciclo de vida útil, uma vez estabelecidas bases no aterro, dispensando a alocação de recursos para o deslocamento de mudas, insumos e mobiliário urbano, para a área a ser revitalizada no próprio local, traduzindo-se em compensação de custos de investimentos através de benefícios a serem obtidos.

O paisagismo urbano pode exercer outras funções no padrão de sustentabilidade de uma cidade. Podendo-se ter um olhar diferenciado das políticas públicas, em relação à diversidade de ações integradas que podem se descortinar.

Quanto à gestão participativa pode-se: optar por retiradas prévias das sementes; conduzir os resíduos de poda para Centros de Tratamento de Resíduos Sólidos; aperfeiçoar as áreas de aterro a partir das propostas do estudo, congregando disponibilidade espacial para destinação final dos resíduos e reaproveitamento dos mesmos. A partir da observação do modelo eficiente de aproveitamento dos resíduos de poda de árvores urbanas, em consonância com a revitalização da área aterrada, pode-se ter como propósito para melhoria do local. A sugestão do estudo aponta para a viabilização da produção de compostos orgânicos e produção de mudas nos aterros, sem gastos com transporte e insumos, para benefícios futuros.

10 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo aponta para o incentivo de pesquisas para utilização de espécies promissoras em aterros sanitários, para a estimulação de produção de equipamentos paisagísticos e outros mobiliários urbanos, que poderão viabilizar a absorção da mão-de-obra dos excatadores. Fechando assim um ciclo, promovendo melhorias socioambientais

e econômicas nas localidades degradadas, respeitando e criando condições humanitárias para os atores envolvidos diretamente com as questões dos resíduos.

REFERÊNCIAS

1. Alves, B. L. G. (2007). *Gestão de resíduos de poda: estudo de caso da Fundação Parques e Jardins do Município do Rio de Janeiro* (Dissertação de mestrado). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

2. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2014). *Panorama. Limpeza Pública e Resíduos Especiais*. Recuperado de http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf

3. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2019) "Os descaminhos do lixo". Recuperado de https://abrelpe.org.br/brasil-produz-mais-lixo-mas-nao-avanca-em-coleta-seletiva/#:~:text=Desse%20total%2C%2092%25%20foram%20coletados,regi%C3%B5es%2C%20com%20exce%C3%A7%C3%A3o%20do%20Nordeste.

4. Baratta, A. P., Jr. (2007). *Utilização do composto de resíduos da poda da arborização urbana em substratos alternativos para a produção de mudas*. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, Brasil.

5. Bidone, F. A. (Org.) (2001). *Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: eliminação e valorização*. Brasília: FINEP/PROSAB.

6. Cadernos Pedagógicos I, II, III, IV. Governo do Estado do Rio de Janeiro. SEMADS-FEEMA-SEE (2000). Rio de Janeiro: CEPUERJ.

7. Eigenheer, E. M., Ferreira, J. A., & Adler, R. R. (2005). *Reciclagem: mito e realidade*. Rio de Janeiro: In-Fólio.

8. Laera, L. H. N. (2006). *Valoração Econômica da Arborização: a valoração dos serviços ambientais para a eficiência e manutenção do recurso ambiental urbano*. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil.

9. Laprovitera (2005). Paisagismo Carioca. Fundação Parques e Jardins. Recuperado de www.rio.rj.gov.br/fpj

10. Lerner, W. (1992). *Organização, sistemas e métodos*. São Paulo: Atlas.

11. Lorenzi, H. (2000). *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. São Paulo: Plantarum.

12. Lorenzi, H. (2002). *Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas*. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum de Estudos da Flora.

13. Madeira, J. M. P. (2005). *Administração pública centralizada e descentralizada*. Rio de Janeiro: América Jurídica.

14. Moscovici, S. (2007). *Natureza-Para Pensar a Ecologia*. Rio de Janeiro: Mauad.

15. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. (2012). *Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos–PMGIRS da cidade do Rio de Janeiro.* Rio de Janeiro: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro.

16. Sanders, R. A. (1984). Some determinants of urban forest structure. *Urban Ecology*, *8*(1-2), 13-27.

17. Sisinno, C. L. S., & Oliveira, R. M. D. (2000). *Resíduos sólidos, ambiente e saúde: uma visão multidisciplinar*. Rio de Janeiro: Fiocruz.

CAPÍTULO 8

GERAÇÃO DE ILHAS DE CALOR EM ATERRO SANITÁRIO – ESTUDO DE CASO

Data de aceite: 01/04/2021

Eduardo Antonio Maia Lins
Universidade Católica de Pernambuco e Instituto Federal de Pernambuco
Recife – Pernambuco

João Victor de Melo Silva
Universidade Católica de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Regina Coeli Lima
Universidade Católica de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Suzana Paula da Silva França
Centro Universitário Maurício de Nassau
Recife – Pernambuco

Sérgio Carvalho de Paiva
Universidade Católica de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Raphael Henrique dos Santos Batista
Instituto Federal de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Camilla Borges Lopes da Silva
Instituto Federal de Pernambuco
Recife – Pernambuco

RESUMO: Ilhas de calor é uma alteração do equilíbrio térmico nos espaços urbanos quando comparado as áreas rurais próximas devido às modificações na transferência de calor, principalmente entre a superfície do solo e a atmosfera em termos de armazenamento de calor. A maior parte dos gases gerados pelo processo de decomposição anaeróbia sofrido pelos resíduos orgânicos ao serem aterrados é composta por dióxido de carbono e metano. O presente trabalho tem como objetivo analisar a relação entre a disposição de resíduos com a formação de ilhas de calor. Ao analisar os dados da medição, verificou-se que a estação de tratamento de lixiviado e a célula do aterro para resíduos classe II foram os locais com as maiores temperaturas, respectivamente. Já no que diz respeito à umidade, o local que apresentou menor valor foi a ETE, seguido da célula de aterro classe II, do auditório climatizado, da célula de aterro classe I e da central de aproveitamento energético de biogás. De um modo geral, observou-se que as áreas com maiores concentrações de matéria orgânica apresentaram maior incidência de ilhas de calor, fato este justificado pela emanação de gases gerados pela decomposição da matéria orgânica responsáveis pela geração de gases como gás carbônico e metano.
PALAVRAS-CHAVE: Temperatura, Umidade, Destinação Final, Resíduos, Lixiviado.

HEAT ISLANDS GENERATION IN LANDFILL - CASE STUDY

ABSTRACT: Heat island is a change in thermal balance in urban spaces when compared to nearby open areas due to changes in heat transfer, mainly between the soil surface and the atmosphere in terms of heat storage. Most of the gases generated by the anaerobic decomposition process suffered by solid waste when being landed are composed of carbon dioxide and

methane. The present work aims to analyze the relationship between the disposal of waste and the formation of heat islands. When analyzing the class data, it was found that the leachate treatment station and a landfill cell for class II waste were the places with the largest options, respectively. About humidity, the place with the lowest value was the WTP, followed by the class II landfill cell, the air-conditioned auditorium, the class I landfill cell and the biogas energy plant. In general, it was observed that the areas with greater organic matter have a higher incidence of heat islands, a fact justified by the emanation of gases generated by the decomposition of organic matter responsible for the generation of gases such as carbon dioxide and methane.
KEYWORDS: Temperature, Humidity, Destination, Waste, Leachate.

1 I INTRODUÇÃO

A ilha de calor é uma manifestação de mudanças intensas nos padrões humanos tendo como causas o uso excessivo ou inadequado de energia, transportes, além da pressão sobre os recursos naturais causada pela rápida urbanização, crescimento populacional e invasão contínua em áreas naturais (IMHOFF et al., 2010; IZRAEL et al., 1990). Ilha de calor é uma alteração do equilíbrio térmico nos espaços urbanos quando comparado as áreas rurais próximas devido às modificações na transferência de calor, principalmente entre a superfície do solo e a atmosfera em termos de armazenamento de calor (VAILSHERY et al., 2013; DOUSSET e GOURMELON, 2003). A variação de uma Ilha de Calor pode chegar a 11/12 ° C (SANTAMOURIS, 2015; SANTAMOURIS e KOLOKOTSA, 2016). Para os locais onde houve correção nos efeitos das ilhas de calor urbano (ICU) e das mudanças no uso do solo, estima-se que a temperatura média da superfície global teve um aumento de 10%. No entanto, para regiões que desenvolveram ICU e tiveram mudanças no uso do solo de forma rápida, esse valor pode ser maior.

Os principais gases de efeito estufa emitidos pelas atividades antrópicas são o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O), que tiveram suas concentrações aumentadas de forma substancial ao longo de milhares de anos. Desde os tempos pré-industriais, o CH_4 teve um fator de aumento na atmosfera de 2,5 e o N_2O de 1,2, fazendo com que o óxido nitroso ocupasse o lugar do diclorodifluorometano (CF_2Cl_2, CFC-12) como o terceiro maior contribuinte da força radiativa entre a mistura dos GEE (IPCC, 2013).

Os aterros sanitários, por serem locais de disposição ambientalmente adequada de resíduos, devem conter técnicas de minimização dos impactos ambientais, impedindo que os solos, os corpos hídricos e o ar sejam contaminados. Para isso, camadas impermeabilizantes para o solo, drenos de lixiviados e drenos de gases devem ser instalados nas células dos aterros. Estas técnicas auxiliam na captura dos lixiviados, que são encaminhados para a estação de tratamento, e dos gases, para que possam ser reaproveitados energeticamente ou queimados antes de serem liberados na atmosfera.

A maior parte dos gases gerados pelo processo de decomposição anaeróbia

sofrido pelos resíduos orgânicos ao serem aterrados é composta por dióxido de carbono e metano. Este, ao ser coletado, é queimado e transformado em CO_2 antes de ser liberado na atmosfera ou levado a estações de reaproveitamento energético. Outro gás gerado pelo processo de decomposição dos resíduos é o óxido nitroso, que, no estado inicial de aterramento, é produzido em maior escala que o metano, situação que se inverte posteriormente (WANG et al. 2016). No entanto, apesar da presença de drenos para coleta e queima dos gases, uma parte destes escapa através da camada de cobertura da célula do aterro, sendo liberados no meio (LEE; HAN; WANG, 2017).

A decomposição dos resíduos orgânicos também gera chorume. Este une-se às águas pluviais infiltradas na célula do aterro e dá origem ao lixiviado, que, devido às suas diversas características, precisa ser tratado para atender aos parâmetros estabelecidos pelos órgãos ambientais antes de ser lançado nos corpos hídricos ou reaproveitado. Autores (MORAVIA, 2010; VONGVICHIANKUL; DEEBAO; KHONGNAKORN, 2017) analisaram em seus estudos que o tratamento biológico desses lixiviados é capaz de gerar GEE, alguns em maiores e outros em menores quantidades, variando de acordo com as características desses e com a tecnologia que é utilizada no tratamento.

O presente trabalho tem como objetivo analisar a relação entre as diferentes etapas de tratamento e disposição de resíduos com a formação de ilhas de calor em um aterro sanitário.

2 | METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

O estudo foi realizado em um aterro sanitário localizado na zona rural de um município pertencente à Região Metropolitana do Recife (RMR), no estado de Pernambuco. O município em questão possui temperatura média anual de 25,1°C, precipitação acumulada da ordem de 2.226 mm, estação climaticamente úmida de fevereiro a setembro e, segundo a classificação de Köppen, encontra-se na faixa de clima pseudo-tropical (As’) (KATER; OLIVEIRA, 2016).

Cerca de 24,53% da área total do local estudado é destinada à uma reserva legal composta por Mata Atlântica. O aterro no qual foi realizada a pesquisa conta, entre outras instalações, com área administrativa, laboratório, auditório, local de triagem para recicláveis, células para aterro de resíduos classe I e classe II, estação de tratamento de efluentes (ETE) e central de aproveitamento energético do biogás.

O aterro classe II, que teve as atividades iniciadas em 2008 junto com o empreendimento, possui capacidade para receber até 3.000t/dia. A estação de tratamento de efluentes, por sua vez, foi projetada para tratar 750 m³/dia do lixiviado gerado nas células do aterro classe II e realiza uma combinação de tratamentos físico-químico e biológico. Por fim, a central de aproveitamento energético do biogás possui quatro motogeradores, onde

cada um possui a capacidade de geração de 1 mega watt por hora.

Para obtenção dos dados de temperatura e umidade locais, utilizou-se um sensor DHT22. No que diz respeito à medição de temperatura, o equipamento em questão trabalha com um intervalo que varia de -40ºC a 80ºC e possui precisão de 0,5ºC. Já para o parâmetro de umidade, o alcance é de 0 a 100% com precisão de 2%. Além do sensor DHT22, utilizou-se também um termohigrômetro digital com sensor externo, cujo intervalo de medição da temperatura varia de -50ºC a 70ºC, possuindo precisão de 1ºC para esta e de 5% para umidade.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

O município no qual está inserido o empreendimento estudado apresentou, no mês da coleta, média mensal da temperatura máxima entre 32°C e 33°C e da temperatura mínima entre 24°C e 25°C, enquanto a umidade relativa do ar mínima apresentou média entre 60% e 65% durante o período analisado no Aterro (APAC, 2020). Tomando como referência os anos de 1981 a 2010, o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2020) verificou que em fevereiro de 2020 houve um aumento entre 0,5°C e 1°C na temperatura média do município estudado (Figura 1). Para o horário da coleta de dados no aterro sanitário, a temperatura na cidade de Igarassu apresentou uma temperatura média de 33°C, enquanto no local analisado, uma média de 41°C, apresentando uma variação de até 8°C entre os dois locais analisados simultaneamente para uma distância de 15,6 km.

Segundo dados do Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA, 2020), o município acumulou um índice pluviométrico de 24,5mm no período de 07 de janeiro de 2020 a 07 de fevereiro de 2020, não havendo precipitação no dia da coleta de dados.

Ao analisar os dados da medição, verificou-se que a ETE e a célula do aterro classe II foram os locais com as maiores temperaturas, respectivamente, seguidos da célula de aterro classe I, da central de aproveitamento energético do biogás e do auditório climatizado. Já no que diz respeito à umidade, o local que apresentou menor valor foi a ETE, seguido da célula de aterro classe II, do auditório climatizado, da célula de aterro classe I e da central de aproveitamento energético de biogás (Figura 2).

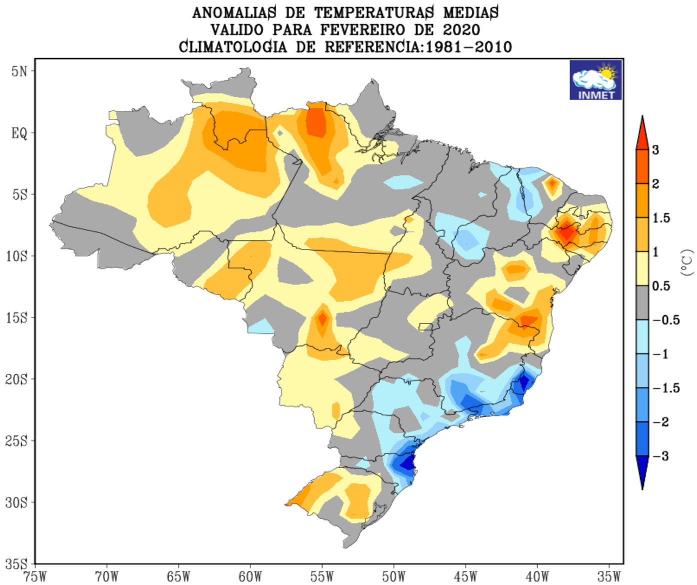


Figura 1: Anomalias de temperaturas médias nacionais em fevereiro de 2020.

Fonte: INMET, 2020.

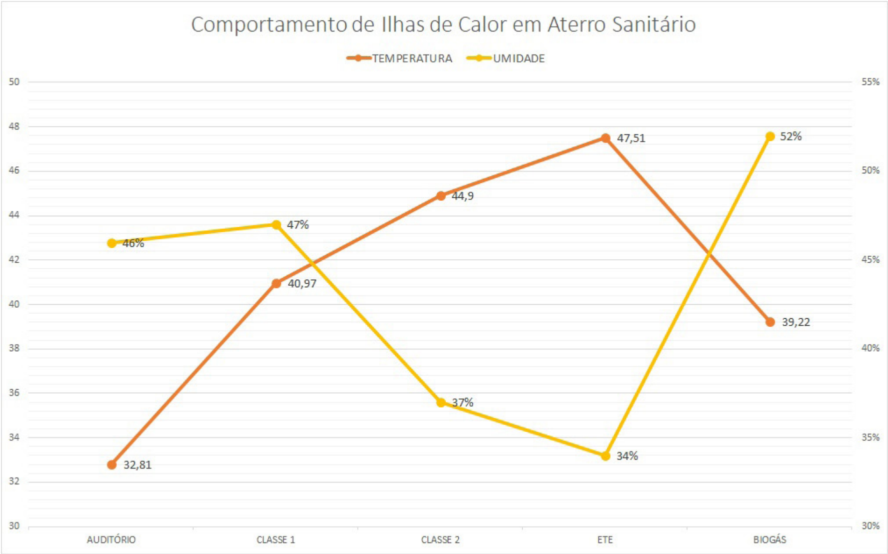


Figura 2: Temperatura e umidade relativa do ar nas instalações do aterro sanitário.

Fonte: Os autores.

O tratamento de lixiviados é comumente realizado através de processos biológicos, que tem como principal aplicação a remoção da matéria orgânica presente. Este processo

pode ser aeróbio ou anaeróbio, onde o primeiro transforma compostos complexos em CO_2 e H_2O e o segundo em CH_4 e CO_2. O tratamento por lodos ativados é um exemplo de processo aeróbio que, através da ação de microrganismos em tanques aerados mecanicamente, tem como um dos produtos dióxido de carbono (MORAVIA, 2010).

O digestor anaeróbio, comumente utilizado no tratamento de resíduos orgânicos para produção de biomassa e biogás, pode também ser utilizado no tratamento de lixiviados. Em experimento executado alimentando-se o reator com matéria orgânica e lixiviado, observou-se que quanto menor a taxa de carregamento orgânico, maior a produção de biogás. Isto ocorreu devido à alta produção de ácidos graxos voláteis e boa degradação, fazendo com que essa produção chegasse a atingir o pico de 42,63 L/dia. Com a taxa de carregamento orgânica mais alta, a digestão anaeróbia ficou sobrecarregada, fazendo com que o processo ficasse instável e, assim, houvesse a redução na produção desse. Cerca de 68,11% da maior taxa de produção do biogás era composto por CH_4 (VONGVICHIANKUL; DEEBAO; KHONGNAKORN, 2017).

Em estudo realizado sobre lixiviados recentes e antigos, Wang et al. (2014) observaram que, nas lagoas de armazenamento, lixiviados mais novos geram maiores quantidades de metano e dióxido de carbono do que os mais antigos, além de em ambos os casos a produção de N_2O ser praticamente nula. No entanto, quando o lixiviado passou para os compartimentos do biorreator, o resultado se inverteu e o óxido nitroso correspondeu a mais de 95% do total de emissões anuais de GEE em CO_2eq. Ao combinar os resultados das lagoas de armazenamento e dos biorreatores, os autores constataram que a quantidade acumulada da emissão anual de gases de efeito estufa foi superior a 33 mil toneladas de CO_2eq.

No que diz respeito à emissão de carbono pelo processo de aterramento de resíduos, esta varia de acordo com os tipos destes e acontece, principalmente, em forma de CO_2 e CH_4. No entanto, uma parte destes gases escapa através da camada de cobertura do aterro e acaba por ser liberada na atmosfera. O dióxido de carbono pode ser emitido devido ao processo de decomposição de resíduos, queima do metano e oxidação natural deste, enquanto o CH_4 que escapa é devido à porção que não consegue ser coletada pelos drenos de gases. Apesar da quantidade de carbono liberada ser menor em forma de metano, este possui impacto maior como GEE em consequência do alto poder de aquecimento global (LEE; HAN; WANG, 2017).

A quantidade de CH_4 gerado por resíduos mais antigos é bastante superior quando comparada aos resíduos mais recentemente aterrados (HARO et al., 2019). Os resíduos que estão no estágio inicial de aterramento possuem emissões mais intensas de N_2O e o fluxo deste é maior em aterros ativos do que nos que já estão encerrados (WANG et al., 2016). É importante salientar que a geração de gases é diretamente influenciada pelo regime de chuvas, temperatura, umidade e quantidade de matéria orgânica aterrada e, consequentemente, varia de acordo com o local no qual está instalado o aterro sanitário.

Para empreendimentos que fazem uso de reaproveitamento energético, o fator de emissão de GEE é reduzido quando comparado a locais onde não há nenhum tipo de tecnologia envolvida, podendo atingir valores de 58 a 327 kgCO_2eq por tonelada de resíduo (KRISTANTO; KOVEN, 2019). Além disso, ao realizar o aproveitamento do biogás gerado na decomposição dos resíduos, estes gases são utilizados na produção de energia, que pode ser elétrica, térmica ou através de combustíveis renováveis (LIMA et al., 2018).

Yang et al. (2020) verificaram que resíduos nitratos, se armazenados de forma inadequada, são passíveis de acumular calor interno e atingir o ponto de autoignição, sofrendo combustão espontânea e podendo levar a explosões, visto que possuem características corrosivas, tóxicas e reativas. Observaram também que partículas de níquel raney presentes em águas residuais de processos industriais podem se auto inflamar ao passarem por desidratação, reagindo com outras substâncias presentes levando também a explosões, evidenciando que resíduos industriais possuem riscos de poluição, incêndio e explosão. Já Hennebert, Samaali e Molina (2016) observaram em suas pesquisas que os resíduos perigosos são capazes de emitir diversos gases tóxicos e verificaram, através de experimentos, que reações químicas entre estes resíduos são passíveis de produzir, majoritariamente, CO_2, enquanto CH_4 e SO_2 (dióxido de enxofre) são produzidos em menores quantidades.

Em Guadalupe (Antilhas Francesas), os principais aterros de resíduos sólidos urbanos são circundados por áreas altamente urbanizadas e foram identificadas ilhas de calor urbana no ambiente do aterro com temperaturas variando em até mais de 4°C (PLOCOSTE et al. 2014). A emissão de GEE contribui diretamente na formação das ilhas de calor, que tem como alternativa de mitigação a implantação de áreas verdes (BEK; AZMY; ELKAFRAWY, 2018).

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

De um modo geral, observou-se que as áreas com maiores concentrações de matéria orgânica apresentaram maior incidência de ilhas de calor, fato este justificado pela emanação de gases gerados pela decomposição da matéria orgânica (presente nos resíduos classe 2 e no sistema de tratamento de lixiviado) responsáveis pela geração de gases como gás carbônico e metano.

Para o horário da coleta de dados no aterro sanitário, a temperatura na cidade de Igarassu apresentou uma temperatura média de 33°C, enquanto no local estudado uma média de 41°C, apresentando uma variação de até 8°C entre os dois locais em um mesmo instante para uma distância de 15,6 km, constatando a influência da decomposição da matéria orgânica na formação de Ilhas de Calor.

O local estudado poderia sofrer efeitos ainda mais intensos do fenômeno de Ilha de Calor caso o empreendimento não estivesse localizado em área rural e não houvesse a

presença de reserva legal de Mata Atlântica.

REFERÊNCIAS

APAC - AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. Boletim do clima; síntese climática. FERREIRA, M. A. F. Recife, v.8, n.2, fev. 2020.

BEK, M. A.; AZMY, N.; ELKAFRAWY, S. The effect of unplanned growth of urban areas on heat island phenomena. **Ain Shams Engineering Journal**, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.asej.2017.11.001

DOUSSET, B., GOURMELON, F., 2003. Satellite multi-sensor data analysis of urban surface temperatures and landcover. **ISPRS J. Photogramm. Remote Sens**. 58, 43–54. https://doi.org/10.1016/S0924-2716(03)00016-9.

HARO, K.; OUARMA, I.; NANA, B.; BERE, A.; TUBREOUMYA, G. C.; KAM, S. Z.; LAVILLE, P.; LOUBET, B.; KOULIDIATI, J. Assessment of CH4 and CO2 surface emissions from Polego's landfill (Ouagadougou, Burkina Faso) based on static chamber method. **Advances in Climate Change Research**, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.accre.2019.09.002

HENNEBERT, P.; SAMAALI, I.; MOLINA, P. A proposal for a test method for assessment of hazard property HP 12 ("Release of an acute toxic gas") in hazardous waste classification – Experience from 49 waste. **Waste Management**, 2016. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2016.09.022

Imhoff, M.L., Zhang, P., Wolfe, R.E., Bounoua, L., 2010. Remote sensing of the urban heat island effect across biomes in the continental USA. **Remote Sens. Environ**. 114, 504–513.

IZRAEL, Y., HASSHIMOTO, M., TEGART, W., 1990. **Potential impacts of climate change**. Rep. IPCC Work. Gr. II

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. INMET: Clima. Disponível em: <https://clima.inmet.gov.br/prec>. Acesso em: 31 jul. 2020.

IPA - INSTITUTO AGRONÔMICO DE PERNAMBUCO. Sessão de índices pluviométricos. Disponível em: <http://www.ipa.br/indice_pluv.php>. Acesso em: 30 jul. 2020.

KATER, K. V.; OLIVEIRA, F. M. da C. Vulnerabilidade de aquíferos: caso dos cemitérios de Igarassu e Itapissuma, PE. **Revista de Geologia**, 2016.

KRISTANTO, G. A.; KOVEN, W. Estimating greenhouse gas emissions from municipal solid waste management in Depok, Indonesia. **City and Environment Interactions**, 2019. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.cacint.2020.100027

LEE, U.; HAN, J.; WANG, M. Evaluation of landfill gas emission from municipal solid waste landfills for the life-cycle analysis of waste-to-energy pathways. **Journal of Cleaner Production**, 2017. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.016

LIMA, R. M.; SANTOS, A. H. M.; PEREIRA, C. R. S.; FLAUZINO, B. K.; PEREIRA, A. C. O. S.; NOGUEIRA, F. J. H.; VALVERDE, J. A. R. Spatially distributed potential of landfill biogas production and electric power generation in Brazil. **Waste Management**, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.12.011

MORAVIA, W. G. **Avaliação do tratamento de lixiviado de aterro sanitário através de Processo Oxidativo Avançado conjugado com Sistema de Separação por Membranas**. 2010. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

PLOCOSTE, S.; KOALY, J. J.; MOLINIÉ, R.; PETIT, R. Evidence of the effect of an urban heat island on air quality near a landfill, **Urban Climate**, v. 10, n 4, December 2014, p 745-757.

SANTAMOURIS, M., 2015. Analyzing the heat island magnitude and characteristics in one hundred Asian and Australian cities and regions. **Sci. Total Environ**. 512–513, 582–598. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.060.

SANTAMOURIS, M., KOLOKOTSA, D., 2016. **Urban Climate Mitigation Techniques**.

VAILSHERY, L.S., JAGANMOHAN, M., NAGENDRA, H., 2013. Effect of street trees on microclimate and air pollution in a tropical city. Urban For. **Urban Green**. 12, 408–415. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2013.03.002

VONGVICHIANKUL, C.; DEEBAO, J.; KHONGNAKORN, W. Relationship between pH, Oxidation Reduction Potential (ORP) and biogas production in mesophilic screw anaerobic digester. **Energy Procedia**, 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.10.113

WANG, X.; JIA, M.; ZHANG, H.; PAN, S.; KAO, C. M.; CHEN, S. Quantifying N2O emissions and productions pathways from fresh waste during the initial stage of disposal to a landfill. **Waste Management**, 2016. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2016.08.007

YANG, P.; ZHANG, L. J.; WANG, X. J.; WANG, Z. L. Exploring the management of industrial hazardous waste based on recent accidents. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jlp.2020.104224.

CAPÍTULO 9

IMPACTOS AMBIENTAIS EM ATERRO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE SEBERI-RS

Data de aceite: 01/04/2021
Data de submissão: 05/01/2021

Tariana Lissak Schüller
Universidade Federal de Santa Maria – Campus Frederico Westphalen
Frederico Westphalen – Rio Grande do Sul
http://lattes.cnpq.br/4262616793366948

Malva Andrea Mancuso
Universidade Federal de Santa Maria – Campus Frederico Westphalen
Frederico Westphalen – Rio Grande do Sul
http://orcid.org/0000-0002-8252-534X

RESUMO: A área de estudo é o aterro sanitário localizado no munícipio de Seberi (RS). O estudo tem por objetivo identificar os impactos ambientais ocasionados pelo aterro, principalmente no que se refere às águas subterrâneas e às águas superficiais, além de caracterizar a qualidade dos solos, e a eficiência do tratamento das lagoas de estabilização. Também, foi utilizado o método *check-list* para a avaliação de impactos ambientais. A qualidade das águas subterrâneas foi avaliada entre 2007 e 2017. Foi caracterizada a qualidade dos solos e avaliada qualidade do efluente das lagoas de estabilização (com dados de 2011 a 2017). De acordo com os resultados, as águas subterrâneas apresentam indícios de contaminação, com concentrações superiores ao VMP na maioria dos parâmetros analisados, destacando-se o Nitrato, que atingiu 50,79 mg.L^{-1} em uma das amostras. Em relação às lagoas de estabilização, foi identificado que estão com valores de DBO, DQO e Nitrogênio acima do permitido pela norma vigente em praticamente todas as análises. No que diz respeito ao solo, os parâmetros Bário, Cobre e Cromo também estão com valores acima do recomendado pela legislação. A avaliação dos impactos ambientais pelo método de *check-list*, apresentou impactos negativos em 91% dos critérios (solo, ar, água, paisagem e outros), indicando a necessidade de controle desses impactos, que atualmente afetam o meio ambiente e a população do entorno.

PALAVRAS-CHAVE: Aterro Sanitário. Contaminação. Impactos ambientais. Resíduos sólidos.

ENVIRONMENTAL IMPACTS IN A LANDFILL OF SEBERI (RS) COUNTY

ABSTRACT: The study area is the landfill of Seberi (RS) county This study aims to identify the environmental impacts caused by the landfill, mainly with regard to groundwater and surface water, in addition to characterizing the quality of the soil, and the efficiency of the treatment of the stabilization ponds. Also, the *check-list* method was used to assess a general environmental impacts. The quality of groundwater was assessed between 2007 and 2017. Soil quality was characterized and the quality of the effluent from the stabilization ponds was assessed based on data from 2011 to 2017. In most of the assessed parameters groundwater showed signs of contamination, with concentrations higher than the maximum allowable values for water supply. As an example, Nitrate reached up to 50.79 mg. L^{-1}. Also, in almost all the samples,

the stabilization ponds have BOD, COD and Nitrogen above that allowed by the quality standard. With regard to soil, metals as Barium, Copper and Chromium are also above the recommended concentration by the legislation. The environmental impacts assessed by the *check-list* method, showed a negative impacts in 91% of the criteria (soil, air, water, landscape and others), indicating the need to control these impacts, which currently affect the environment and the population living around the landfill.
KEYWORDS: Landfill. Groundwater. Spring. Effluent Pond. Solid Waste.

1 I INTRODUÇÃO

Durante muitos anos, a principal solução para deposição dos resíduos era o despejo no solo, sem qualquer cuidado com o meio ambiente sendo muitas vezes queimados para a redução de volume e o seu desaparecimento. Os resíduos são materiais considerados inúteis, sem valor ou supérfluos, gerado pela atividade humana e que são posteriormente descartados no meio ambiente (RODRIGUES, 2014).

Atualmente um dos principais problemas ambientais e de saúde pública advém da disposição inadequada de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU).

Uma das alternativas para minimizar os impactos negativos da disposição inadequada dos RSU são os aterros sanitários, que vêm desempenhando um papel primordial na sustentabilidade da gestão integrada dos resíduos, por não causar danos e impactos ao meio ambiente. Entretanto, aterros mal construídos e/ou operados podem afetar o meio ambiente (SOUSA, 2017), pelo que há necessidade de prever, monitorar e avaliar os eventuais impactos que podem ser provocadas por essas instalações.

2 I OBJETIVOS

Identificar o impacto ambiental com foco no meio físico (águas subterrâneas, superficiais e solos), ocasionado pela operação de um aterro sanitário localizado no município de Seberi (RS).

3 I METODOLOGIA

A presente pesquisa foi desenvolvida com base no Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas da CETESB (1999) e de acordo com a metodologia sugerida por Campos (2008), para avaliação de impactos ambientais. Neste estudo, as atividades desenvolvidas estiveram de acordo com as seguintes etapas: 1) Coleta e avaliação dos dados pré-existentes 2) Avaliação de impactos ambientais pelo método de *check-list* (listas de controle).

3.1 Coleta e Avaliação de Dados Pré-existentes

Foram consultados, junto à administração do aterro sanitário, Relatórios com dados

de qualidade das águas subterrâneas e superficiais, qualidade dos solos e qualidade dos efluentes coletados nas lagoas de estabilização. Os dados de qualidade foram tabelados e analisados.

3.1.1 Parâmetros de Qualidade das Águas e do Solo

Foram analisados 12 parâmetros de qualidade das águas subterrâneas, coletadas trimestralmente entre 10/2007 e 08/2017, seguindo as normas do órgão ambiental do Estado do Rio Grande do Sul (FEPAM), sendo eles: Alcalinidade total (mg. L^{-1}), Cloretos (mg. L^{-1}), Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL), Coliformes totais (NMP/100 mL), Condutividade elétrica ($\mu S.cm^{-1}$), Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO (mg. L^{-1}), Demanda Química de Oxigênio – DQO (mg. L^{-1}), Nitrato (mg. L^{-1}), Nitrogênio Total (mg. L^{-1}), pH, Sólidos Dissolvidos totais (mg. L^{-1}), Sólidos Totais e Sulfato (mg. L^{-1}).

O monitoramento das águas subterrâneas foi realizado em seis piezómetros instalados para essa finalidade (PM1, PM2, PM3, PM4, PM5 e PM6) (Figura 1). A qualidade da água superficial foi avaliada com base em coletas de amostras de água realizadas semestralmente entre 2015 e 2017 (6 coletas), em uma nascente (N1) localizada a aproximadamente 224 metros do aterro sanitário (Figura 1).

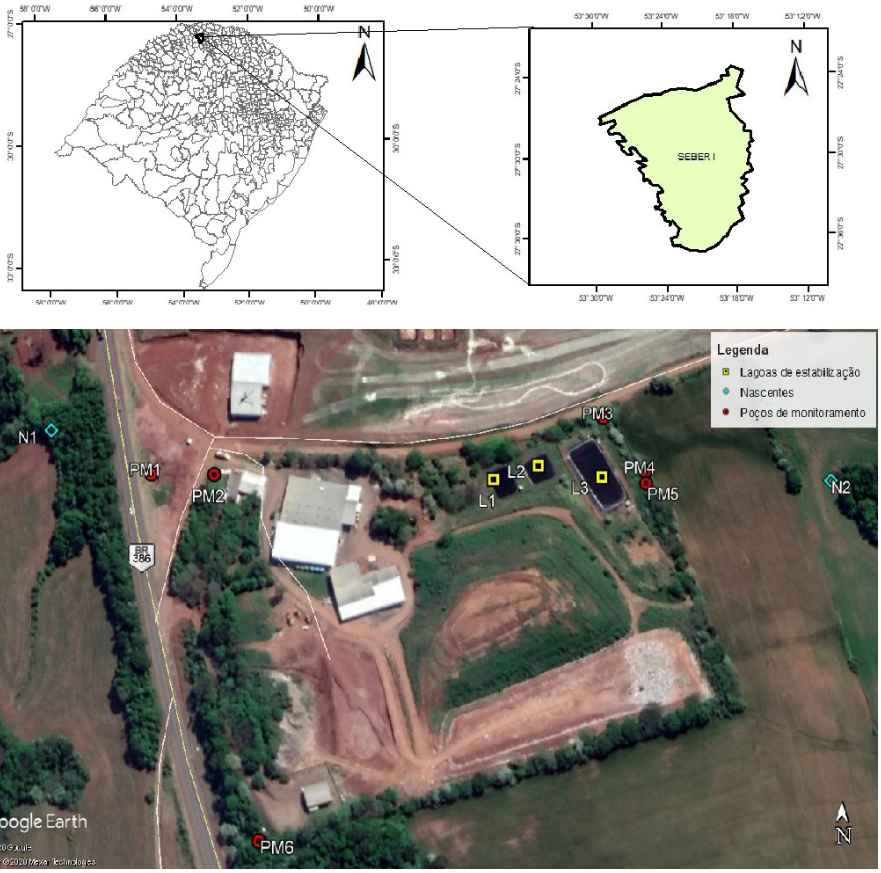


Figura 1. Localização da área, dos pontos de coleta de águas subterrânea (PMs), das nascentes (N1 e N2) e das lagoas de tratamento de efluentes (L1, L2 e L3) do aterro sanitário CIGRES (Seberi, RS).

Fonte: Construído a partir dos softwares ArcGis 10.2.2 e Google Earth pro 2020.

A 500 metros de distância do aterro sanitário, um poço tubular profundo, instalado no Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), abastece cerca de 100 pessoas. A qualidade das águas subterrâneas foi avaliada a partir de dados coletados entre 05/2010 e 08/2017 (17 campanhas ao todo).

A qualidade das águas foi avaliada tendo como referência a Legislação CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008 (BRASIL, 2008), a Legislação CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005) e a Portaria de Consolidação do M.S. nº 5/2017 (BRASIL, 2017).

A qualidade do solo foi avaliada a partir de pesquisa bibliográfica de estudos realizados por Borba (2016) e Kemerich (2014) no local, a análise teve como referência a Resolução CONAMA nº 420/2009, que estabelece critérios e valores orientadores de

qualidade do solo (BRASIL, 2009). Os parâmetros para avaliação da qualidade dos solos foram: Bário ($mg.kg^{-1}$), Cádmio ($mg.kg^{-1}$), Chumbo ($mg.kg^{-1}$), Cobre ($mg.kg^{-1}$), Cromo ($mg.kg^{-1}$), Cr^{+6} ($mg.kg^{-1}$), pH, Manganês ($mg.kg^{-1}$), Mercúrio ($mg.kg^{-1}$), Níquel ($mg.kg^{-1}$) e Zinco ($mg.kg^{-1}$).

3.1.2 Lagoas de Estabilização

O aterro sanitário tem três lagoas de estabilização (L1, L2 e L3) (Figura 1), duas anaeróbias e uma facultativa. Neste estudo foi avaliada, com periodicidade trimestral, a qualidade do efluente recebido pelas lagoas no período de 07/ 2011 a 08/2017.

A qualidade do efluente foi avaliada considerando a norma que orienta as condições e padrões de lançamento de efluentes, Resolução CONAMA nº 430 de 2011 (BRASIL, 2011), e considerando bibliografia específica sobre o tema.

As análises do efluente das lagoas de estabilização foram realizadas em laboratório licenciado e disponibilizadas pela administração do aterro sanitário. Os parâmetros considerados foram: Coliformes Fecais (NMP/100 mL), Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL), Coliformes totais (NMP/100 mL), DBO ($mg.L^{-1}$), DQO ($mg.L^{-1}$), Fósforo total ($mg.L^{-1}$),Nitrogênio amoniacal ($mg.L^{-1}$), pH, Sólidos sedimentáveis ($mg.L^{-1}$), e Sólidos suspensos totais ($mg.L^{-1}$).

3.2 Avaliação de impactos ambientais pelo método de *Check-list*

A identificação dos impactos ambientais foi realizada por meio de visitas ao local de estudo, utilizando os parâmetros e critérios indicados na Tabela 1.

ASPECTOS AMBIENTAIS	PARÂMETROS DE AGRAVO	CRITÉRIO
Solo e Subsolo	Apresenta sinais de erosão	Sim/Não
	Alteração na capacidade de uso da terra	Sim/Não
	Dano ao relevo	Sim/Não
	Permeabilidade do solo	Sim/Não
Ar	Emissões de odores	Sim/Não
	Presença de dutos de gases	Sim/Não
	Proximidade de núcleos habitacionais	d < 500 / d ≥ 500 m
	Queima do resíduo	Sim/Não
	Queima do gás	Sim/Não
	Mananciais subterrâneos	

Água	Foi comprometido	Sim/Não
	Utilidades	Consumo humano e/ ou animais e/ou irrigação ou sem uso
		Recreação, c/ contato secundário
	Mananciais superficiais	
	Foi comprometido	Sim/Não
	Presença de chorume a céu aberto	Sim/Não
	Distância	d < 200 / d ≥ 200 m
	Utilidades	Consumo humano e/ ou animais e/ou irrigação ou sem uso
		Recreação, c/ contato secundário
		Não é utilizado
Paisagem	Alteração paisagem (impacto visual)	Sim/Não
	Alteração na paisagem original	Sim/Não
Outros	Presença de animais	Sim/Não
	Desvalorização de terrenos vizinhos	Sim/Não
	Presença de vetores de doenças	Sim/Não
	Presença de catadores	Sim/Não
	Danos à saúde de quem transita no local	Sim/Não/Talvez

Tabela 1 - Aspectos e Parâmetros do método *Check-list*

Fonte: Adaptado de Campos (2008).

4 I RESULTADOS

Apresenta-se, a seguir, a caracterização da qualidade das águas subterrâneas dos poços de monitoramento (PMs) e do poço tubular profundo; da água de nascente (superficial); a avaliação da qualidade dos efluentes das lagoas de estabilização; a análise qualitativa do solo e a análise da aplicação do método *Check-list*, utilizado para a avaliação do impacto ambiental ocasionado pelo aterro.

4.1 Qualidade das águas subterrâneas e da nascente

As concentrações de Cloreto nas águas subterrâneas, considerado um indicador de contaminação por matéria orgânica, apresentaram valores inferiores do Valor Máximo Permitido (VMP) (250 mg Cl^- L^{-1}) (BRASIL, 2008), exceto em uma amostra do PM1 que apresentou 424,9 mg Cl^- L^{-1}.

O nitrogênio total, cujo VMP é de 1,5 mg N L^{-1} (BRASIL, 2008), ficou acima do VMP

em duas amostras do PM1 (2,67 mg N L^{-1} e 4,17 mg N L^{-1}), e em uma amostra do PM3 (2,14 mg N L^{-1}).

A presença de Nitratos em concentrações superiores ao VMP (10 $mg.L^{-1}$) (BRASIL, 2008) foi constatada em coletas realizadas nos poços PM1 (17,3 $mg.L^{-1}$, 10,22 $mg.L^{-1}$ e 68,56 $mg.L^{-1}$), PM2 (18,78 $mg.L^{-1}$) e PM3 (10,81 $mg.L^{-1}$, 17,09 $mg.L^{-1}$ e 31,79 $mg.L^{-1}$). Também, uma das amostras coletadas no poço de abastecimento indicou concentração de Nitratos (50,79 $mg.L^{-1}$) muito acima do VMP. O nitrato pode causar problemas graves à saúde pública, principalmente para crianças com idades inferiores a seis meses e para animais que ingerirem essa água (QUEIROZ, 2018).

O poço de monitoramento PM3 foi o único a apresentar concentrações de sulfatos superiores (ao VMP (250 $mg.L^{-1}$) pela legislação (BRASIL, 2008 e BRASIL, 2011), com 1.590 mg. SO_4 L^{-1} em 08/2016.

O pH se apresentou ácido a muito ácido em amostras de todos os poços (entre 6 e 3,41), valores estes inferiores ao indicado (entre 6 e 9,5) pela Portaria do M.S. Nº 2.914/2011 (BRASIL, 2011). O caso extremo (pH 2,47) foi constatado na nascente, em 08/2016.

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), que é uma indicação indireta do carbono orgânico biodegradável, deve ser de até 5 $mg.L^{-1}$ (BRASIL, 2005). Apresentou valores elevada em todos os poços de monitoramento na maioria das análises, atingindo até 381 $mg.L^{-1}$ no PM3, em 08/2015. As águas coletadas no poço tubular profundo também indicaram elevados valores de DBO, que atingiram 60 $mg.L^{-1}$ em 08/2016.

Os Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) ficaram acima do VMP (500 $mg.L^{-1}$) (BRASIL, 2005) no: PM1 (1.630 $mg.L^{-1}$); PM2 (870 $mg.L^{-1}$); e no PM3 (1.096 $mg.L^{-1}$ 1581 $mg.L^{-1}$ 960 $mg.L^{-1}$ 772 $mg.L^{-1}$, 576 $mg.L^{-1}$, 520 $mg.L^{-1}$), entre 2015 e 2017.

Para Condutividade Elétrica (CE) não existe um padrão estabelecido na legislação, porém, as águas subterrâneas do SASG na região apresentam CE entre 111,2 e 1045 $\mu S.cm^{-1}$ (MANCUSO e EMILIANO, 2021). Os PMs 1, 3 e 5 apresentaram valores acima dos máximos indicados na bibliografia, com o extremo de 2.288 10 $\mu S.cm^{-1}$ no PM1 (08/2017).

Em relação aos coliformes totais e termotolerantes, somente o PM6 apresentou ausência de coliformes em 100 mL, estando de acordo com a legislação. Todos os outros PMs apresentaram valores acima do máximo permitido em pelo menos uma amostra. Inclusive, o poço de abastecimento apresentou coliformes totais em 75% das amostras e termotolerantes em 08/2017. A nascente apresentou coliformes totais em 100% das amostras e termotolerantes em 83% delas.

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DQO) não posse VMP definido pela legislação, mas apresentou valores extremos de 1.098 e 1.140 $mg.L^{-1}$ no PM1 e no PM3 (08/2015) respectivamente. No poço de abastecimento o DQO atingiu 223 $mg.L^{-1}$em 08/2011.

A Alcalinidade Total não possui VMP definido pela legislação, mas poços instalados no SASG indicaram valores entre 30 e 200 mg $CaCO_3$ L^{-1} nas águas subterrâneas

(MANCUSO e EMILIANO, 2021). Valores de até 448,5 e 602,55 mg $CaCO_3$ L^{-1} (PM2 e PM3 respectivamente), foram obtidos em 2012, 2015 e 2016. A maior DQO nas águas da nascente foram de 59 e 33 mg $CaCO_3$ L^{-1}, obtidas em 12/2015 e 08/2016 respectivamente.

4.2 Qualidade dos Solos

A qualidade dos solos, no que se refere às concentrações de Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Cr^{+6}, Mercúrio, Níquel, Zinco, Manganês e pH, indicam: solos ácidos, com concentrações de Cobre superiores a 253 mg.kg^{1} (100% das amostras); com Cromo acima de 85 mg.kg^{1} (75% das amostras) e Níquel acima de 31 mg.kg^{1} (50% das amostras) (Tabela 2). Esses valores são superiores aos considerados como Referência de Prevenção (BRASIL, 2009).

Variáveis	Concentrações (mg.kg^{1})				
	Perfil 1 (cm)		Perfil 2 (cm)		Valores de Referência para Prevenção - Conama nº 420/2009
	30	150	30	150	
Cádmio	<LD**	<LD	<LD	<LD	1,3
Chumbo	17	15	15	16	72
Cobre	**299**	**253**	**272**	**285**	60
Cromo	75	**85**	**79**	**96**	75
Cr^{+6}	<LD*	<LD*	<LD*	<LD*	-
Mercúrio*	0,06	0,04	0,06	0,06	0,5
Níquel	20	29	**31**	**39**	30
Zinco	74	84	90	104	300
Manganês	74	814	0,13	910	-
pH	4,8	4,6	5,9	5	-

LD: Limite de detecção *Concentração em μg.kg^{-1}

Tabela 6 – Informações sobre as concentrações dos elementos em solos coletados a duas diferentes profundidades (30 e 150 cm) e os respectivos Valores de Referência para Prevenção conforme CONAMA nº 420/2009 (BRASIL, 2009).

Fonte: Qualidade dos solos de acordo com Borba (2016).

A partir de estudos realizados no aterro sanitário foram avaliadas as concentrações de Bário, Cobre e Cromo de dez amostras de solo, e em todas elas foram constatadas concentrações superiores às indicadas pela legislação (BRASIL, 2009), sugerindo a contaminação do solo nos pontos amostrados (KEMERICH, 2014). As altas concentrações

de Cobre são preocupantes, pois podem causar danos ao fígado, rins e ao cérebro, enquanto que as de cromo, apesar de importante para o metabolismo dos açucares, quando na forma de cromo hexavalente, as altas concentrações pode causar câncer (CUNHA e MACHADO, 2004).

4.3 Qualidade dos efluentes das Lagoas de Estabilização

Os resultados da análise da qualidade dos efluentes das lagoas de estabilização permitiram avaliar a eficiência na remoção de fósforo, DBO, DQO, nitrogênio amoniacal e sólidos, no período de 2011 à 2017.

A utilização do lixiviado das lagoas de estabilização para a irrigação após recebido o tratamento adequado é uma técnica comumente utilizada, entretanto, a qualidade dos efluentes precisa estar dentro do recomendado para essa prática. Em relação ao fósforo, as concentrações devem ser inferiores a 2 $mg.L^{-1}$ (ALMEIDA, 2010), mas nas lagoas de estabilização do CIGRES, as concentrações de fósforo alcançam valores superiores aos recomendados (em 76% dos casos da L1, 100% dos casos da L2, e 80% dos casos da L3). As concentrações extremas atingiram 49 $mg.L^{-1}$ (Lagoa 3, 07/2014).

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é elevada (393 a 2.684 $mg.L^{-1}$ em 82% das amostras) na maioria das análises realizadas na primeira lagoa (L1) (que é anaeróbia). Este parâmetro segundo Filho (2007) deve ser de até 350 $mg.L^{-1}$. Na última lagoa (L3), último sistema de passagem de chorume antes da sua disposição, o valor de DBO deveria ser inferior a 120 $mg.L^{-1}$ (ANDRADE, 2014) mas uma análise indicou valor inferior ao recomendado (76 $mg.L^{-1}$), enquanto que 93% das amostras apresentaram DBO entre 345 e 3.050 $mg.L^{-1}$).

A DQO final segundo Andrade (2014) deve ser de até 900 $mg.L^{-1}$, porém de 15 analises realizadas na Lagoa 3 (L3), 80% apresentaram valores superiores a esse, atingindo uma DQO de 3.520 $mg.L^{-1}$ em 07/2011.

Em 100% das amostras analisadas na L1 (17) e L2 (2) o Nitrogênio amoniacal foi superior a 20 $mg.L^{-1}$ (VMP) (BRASIL, 2011), com valores extremos de 325,9 e 194,2 $mg.N\ L^{-1}$, respectivamente. No caso da L3, apenas duas amostras apresentaram concentração inferior à recomendada, e 87% acima da mesma, atingindo o máximo de 215,95 $mg.N\ L^{-1}$.

O pH, segundo a Resolução CONAMA 430/2011 (BRASIL, 2011) deve estar na faixa entre 5 a 9, esse se manteve dentro do permitido em todas as análises realizas.

Nota-se a diminuição dos Sólidos Suspensos Totais (SST), a medida que o efluente vai passando pelas lagoas, com médias de 220,73 $mg.L^{-1}$ na Lagoa 1, e de 167,3 $mg.L^{-1}$ na Lagoa 3.

Considerando a qualidade do efluente da Lagoa 3, que está em desacordo com o indicado pela Resolução CONAMA nº 430/2011 (BRASIL, 2011), o chorume tratado não pode ser reutilizado e nem lançado no corpo hídrico.

No local é realizada a recirculação do chorume no aterro, conforme recomendada

por Pessin (1997), é efetuada após a Lagoa 3. Assim o líquido efluente retorna para o aterro sanitário por meio de tubulações, umedecendo o mesmo. Entretanto, esse processo requer o controle das taxas de recirculação de chorume, o que não é efetuado no aterro CIGRES, pelo que não se recomenda essa prática, pois, em caso de excesso de líquidos, podem ocorrer problemas estruturais de estabilidade dos taludes (Andrade, 2014).

Há relato de morados sobre o transbordo desse chorume da Lagoa 3 quando há excesso de precipitação, o que pode ocasionar a contaminação do solo e das nascentes N1 e N2, localizadas a 224 e 171 m à jusante da lagoa, respectivamente. De acordo com o proposto na NBR 13.896/1997 (ABNT, 1997) recomenda-se a instalação das Lagoas de Tratamento a uma distancia maior que 200 metros de uma nascente.

4.4 Aplicação dos métodos de avaliação de impacto ambiental

A aplicação do método *check-list* permitiu sistematizar os principais impactos ambientais ocasionados pelo aterro sanitário CIGRES, que são:

1) Solo e subsolo: apresentam sinais de erosão, alteração da capacidade de uso da terra, danos ao relevo e modificação da permeabilidade;

2) Ar: há emissões de odores, presença de dutos de gases, proximidade de núcleos habitacionais (a menos de 500 m), e não há queima de gás;

3) Águas subterrâneas: o recurso utilizado para o consumo humano foi comprometido;

4) Águas superficiais: estão comprometidas na qualidade (utilizadas para consumo de animais), há presença de chorume a céu aberto, e de nascente a menos de 200 m de distância;

5) Paisagem: há alteração na paisagem original e alteração da paisagem (impacto visual); e

6) Outros: há presença de animais, desvalorização de terrenos vizinhos, presença de vetores de doenças, danos à saúde de quem transita no local.

A contaminação de mananciais subterrâneos também foi constatada pelo monitoramento dos piezómetros instalados no entorno do aterro (PM1, PM2, PM3, PM4 e PM5).

5 I CONCLUSÕES

Por meio do monitoramento da qualidade da água subterrânea foi possível identificar que as concentrações de nitrato, nitrogênio total, cloreto, sulfato, DBO, sólidos dissolvidos totais, condutividade elétrica e coliformes totais e termotolerantes apresentam, em distintas análises, valores acima do máximo permitido pelas legislações vigentes: Resolução CONAMA nº 396/2008 (BRASIL, 2008), CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005) e Portaria de Consolidação do MS. nº 5/2011 (BRASIL, 2011). Entre esses parâmetros destaca-se o nitrato, que atinge até cinco vezes a concentração máxima permitida para as águas de

abastecimento do poço mais próximo do aterro, que abastece uma comunidade com cerca de 100 habitantes. Os coliformes estiveram presentes em quase todas as amostras.

As lagoas de estabilização apresentaram os valores de DBO, DQO e nitrogênio amoniacal elevados em praticamente todas as análises, o que significa que, segundo a Resolução CONAMA 430/2011, o líquido efluente da terceira lagoa (L3) não pode ser reaproveitado e nem lançado em corpos hídricos em função de sua qualidade, sendo necessário a implementação de melhorias no sistema de tratamento do efluente do aterro.

As análises químicas de solo indicaram concentrações acima do permitido pela Resolução CONAMA nº 420/2009 para Cobre, Cromo, Bário e Níquel. Esses valores, entretanto, podem estar relacionados às características das rochas vulcânicas típicas da região.

A avaliação dos impactos ambientais pelo método de *check-list,* apresentou impactos negativos em 91% dos critérios (solo, ar, água, paisagem e outros), indicando a necessidade de controle desses impactos, que atualmente afetam o meio ambiente e a população do entorno

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. **NBR 13.896:** Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 1997. 12p.

ALMEIDA, P. S. **Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sustentável para Municípios de Pequeno Porte.** Editora Rima Artes e Textos. Florianópolis, 2010.

ANDRADE, F. S. **Aplicação da técnica de recirculação de chorume em aterros tropicais – Estudo de caso do aterro sanitário metropolitano centro (ASMC).** 2014. 176f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, 2014.

BORBA, W. F. **Vulnerabilidade Natural à Contaminação da Água Subterrânea em Área Ocupada por Aterro Sanitário em Seberi – RS**. 2016. 162p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2016.

BRASIL. Portaria de consolidação nº 5, de 28 setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. **Diário Oficial da União, Brasília**, DF, 28 set. 2017. Disponível em: < https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolida----o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>. Acesso em: 28 dez. 2020.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Diário Oficial da União, Brasília**, DF, 13 mai. 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 20 mar. 2018.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. **Diário Oficial da União, Brasília**, DF, 28 dez. 2009. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>. Acesso em: 20 mar. 2018.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 396, de 07 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 07 abr. 2008. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>. Acesso em: 20 mar. 2018.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União, Brasília**, DF, 17 de mar. 2005. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459 >. Acesso em: 20 mar. 2018.

CAMPOS, L. R. **Aterro sanitário simplificado: Instrumento de análise de viabilidade econômico-financeira, considerando aspectos ambientais.** 2008. 122f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.

CETESB. COMPANHIA ESTADUAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas**. São Paulo: CETESB, 1999.

CUNHA, G. F.; MACHADO, J. G. **Estudos de Geoquímica Ambiental e o Impacto na Saúde Pública no Município de São Gonçalo do Piauí, Estado do Piauí**. Programa Nacional de Pesquisa em Geoquímica Ambiental e Geologia Médica (PGAGEM). CPRM – Serviço Geológico Do Brasil 2004. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/4864/estudo_geoq_amb.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acessado em: 28 de março de 2018.

FILHO, P. A. S. **Diagnóstico operacional de lagoas de estabilização**. 2007. 169f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

KEMERICH, P. D. C.; BORBA, W. F.; FLORES, C. E. B.; GERHARDT, A. E.; FLORES, B. A.; RODRIGUES, A. C.; BARROS, G. Indicativo de contaminação ambiental por metais pesados em aterro sanitário. **Revista Monografias Ambientais** – REMOA, Santa Maria, v. 13, p. 3744-3755, 2014.

MANCUSO M.A.; EMILIANO, C. Avaliação hidrogeológica quali-quantitativa do aquífero fraturado Serra Geral no noroeste do Rio Grande do Sul. Geologia USP. Série Científica. 2021. No prelo.

PESSIN, N.; SILVA, A.R.; BRUSTOLIN, I.; MANDELLI, S.M.C.; PANAROTTO, C.T. **Variação da Composição dos Líquidos Percolados do Aterro Sanitário de São Giácomo - Caxias do Sul – RS**. In: XIX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Foz do Iguaçu, 1997.

QUEIROZ, E. T. **Diagnóstico de águas minerais e potáveis de mesa do Brasil**. In: Congresso Brasileiro De Águas Subterrâneas. Brasília, 2018.

SOUSA, R. V. **Avaliação ecotoxicológica do solo do aterro sanitário de Goiânia.** 2017. 50f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Goiás , Goiânia, GO, 2017.

RODRIGUES, M. D. O. **Avaliação e Gestão de Riscos em Aterros Sanitários.** 2014. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade do Minho, Braga, 2014.

CAPÍTULO 10

GESTÃO AMBIENTAL CONJUNTA DOS SISTEMAS DE ÁGUAS RESIDUAIS E PLUVIAIS

Data de aceite: 01/04/2021

Ricardo Pêra Moreira Simões
Norte Sul Hidrotecnologia
São Miguel Paulista, Brasil

RESUMO: Os sistemas de esgotos e drenagem correspondem a um patrimônio público de altíssimo valor, quer econômico, quer pela sua função social como responsável pela qualidade de vida e saúde da população. Este trabalho apresenta um modelo de gestão baseado nos conceitos modernos tanto do ponto de vista técnico como administrativo, a partir da parceria público-privado "latu sensu", no conceito de terceirização ("contracting out"), a partir de contratos de performance, definindo um modelo "ganha-ganha". O foco do trabalho é apresentar as condições de viabilização da parceria público-privada nos serviços de operação e manutenção de sistemas de água pluviais e residuais, a partir das experiências realizadas tanto na Sabesp como na Prefeitura Municipal de São Paulo. Os resultados destes trabalhos demonstram um grande aumento de produtividade na execução dos serviços gerando menores custos e maiores resultados, com ganhos expressivos tanto para o Poder Público, contratante, como para as empresas privadas contratadas.
PALAVRAS-CHAVE: Esgoto, drenagem, parceria público-privada, performance.

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT OF JOINT STORMWATER AND WASTEWATER SYSTEMS

ABSTRACT: Wastewater and stormwater systems are a very valuable public patrimony monetary and social, due to its function as responsable for population life quality and health. The purpose of this document is to introduce a management model, based on "laatu sensu" public-private partnership, through performance contracting out. This document presents the experience of five years performance contracts between Sabesp (São Paulo, Brasil, water and wasterwater company and Norte Sul Hidrotecnologia, a private contractor, that results in lower costs and great benefits in the collection operation and maintenance system. At the same time, the document reports new models in the stormwater systems operation & maintenance.
KEYWORDS: Sewer, drainage, public-privated partnership, performance.

INTRODUÇÃO

O Brasil tem uma população de mais de 200 milhões de habitantes, dos quais 80% residem em áreas urbanas, o que torna inexorável a implantação de uma infraestrutura de esgotamento sanitário e drenagem essencial à preservação da saúde da população. Estudos indicam que atualmente apenas 50% da população urbana é atendida por sistemas públicos de esgotamento sanitário e drenagem adequados, o que exigiria investimentos da

ordem de R$ 100 bilhões, o que, somado ao investimento já feito importaria num patrimônio de aproximadamente R$ 200 bilhões em infraestrutura de esgotamento sanitário e drenagem.

A responsabilidade pela gestão deste imenso patrimônio, definida pela Constituição, é de cada um dos Municípios; assim cabe ao poder público municipal a responsabilidade de proteger a segurança e a saúde da população e do meio ambiente.

FUNÇÕES E RESPONSABILIDADES DO PODER PÚBLICO

Na segunda metade do século passado principalmente na Europa, desenvolveu-se a ideia-força da participação, particularmente na interação entre as administrações públicas locais e a sociedade civil.

Caracteriza-se como parceria público-privado toda cooperação que possa ser considerada pela teoria dos jogos como do tipo “ganha-ganha”, no qual há benefícios para ambas as partes, ao contrário do “jogo de soma zero”, no qual o ganho de uma parte reflete-se em perda da outra parte, pois os valores somam zero; por este mecanismo as empresas privadas complementam ou substituem as ações do poder público onde fosse mais eficiente.

Para a perfeita compreensão do problema, é preciso distinguir entre **provisão** dos serviços públicos e a sua **produção**. Ao **Estado (Poder Público) cabe prover os serviços públicos**, isto é, detectar as necessidades sociais, formular soluções racionais para o seu atendimento, implementar as políticas e controlá-las sob o ponto de vista da qualidade, visando à justiça social. Já a **produção dos serviços públicos,** ou seja, a sua execução pode ser transferida ao **setor privado com ganho em termos de custos e qualidade**.

A experiência demonstra que a atuação direta do Estado na **produção de serviços públicos** apresenta alto grau de ineficiência e custo elevado, pelas seguintes razões:

a) O tamanho das empresas/órgãos públicos é sempre maior que o de empresas privadas dedicadas às mesmas funções, e é tanto mais difícil motivar ou controlar, quanto maior é o número de pessoas envolvidas;

b) Ocorre o inchaço de pessoal, pois existe a estabilidade no emprego, formal ou informal, ou seja, é muito difícil demitir, existem sempre injunções políticas e acaba sendo necessário contratar mais gente nova, pois os antigos acomodam-se;

c) Os salários e benefícios são mais elevados no setor público do que empresas privadas equivalentes, devido à chamada “Epidemia de Baumol”, que consiste na transferência para o setor público dos aumentos obtidos pelos salários nos setores de maior produtividade (da iniciativa privada), em decorrência da forte atuação do sindicalismo e da conivência corporativista dos dirigentes dos órgãos, autarquias ou mesmo empresas públicas – tal fato é a causa principal do grave desequilíbrio do sistema brasileiro de previdência, cujo déficit é decorrente dos pagamentos aos aposentados do setor público.

Estes fatores (principalmente o item b) são reconhecidos (em particular pelo menos) por todos os gestores de empresas ou órgãos públicos, qualquer que seja o matiz ideológico e implicam na grande dificuldade que os gestores têm na sua administração, sendo a causa da baixa produtividade dos mesmos em comparação com as empresas privadas.

PARCERIA PÚBLICO-PRIVADO "LATU SENSU"

O grande desafio das sociedades democráticas que pleiteiam o desenvolvimento econômico e social, com ganhos disseminados entre toda a sua população é obter maior produtividade (que permita a obtenção de diferencial econômico a ser dividido entre os cidadãos) e o atendimento das demandas sociais.

Este objetivo implica no desenvolvimento de formulações inovadoras para a realização dos processos produtivos existentes, que garantam o atendimento simultâneo das metas acima.

A parceria público-privado implica necessariamente na interação positiva entre estes agentes, podendo assumir diversas formas (não só aquelas que já possuem um marco legal, PPP, destinadas a grandes empreendimentos), inclusive em segmentos restritos, com o objetivo específico de aumentar a produtividade do sistema, pela colaboração positiva entre os agentes privados e públicos.

Assim, a parceria público-privado pode desenvolver-se através de vários mecanismos, dentre os quais destacam-se a **privatização e a terceirização** dos serviços públicos, cujas vantagens e desvantagens serão brevemente relatadas a seguir; **constitui o foco deste trabalho destacar um aspecto da parceria público-privado que, a despeito de seu pequeno valor monetário e de envolver empresas de tamanho pequeno ou médio, pode trazer grandes ganhos de produtividade ao sistema.**

A ocorrência comprovada do alto grau de ineficiência e custo elevado na atuação direta do Estado constitui **o principal argumento em favor da privatização dos serviços públicos.**

Não obstante a validade da assertiva relativa à baixa produtividade e ineficiência demonstrada anteriormente, a **privatização** completa ou mesmo parcial dos serviços **significa a abdicação do Poder Público não só da Produção, como também da Provisão dos serviços públicos**, uma vez que a privatização envolve concessão legalmente aprovada por pelo menos 20 anos, com poderes de fiscalização cuja efetivação é dificultosa. Em consequência, grande parte dos casos de privatização no Brasil são questionados pela população, pois se algum benefício houve, foi anulado pelo aumento nos preços cobrados pelos serviços e pelo direcionamento preferencialmente para segmentos com maior retorno financeiro.

Além disso, dos três fatores acima descritos como determinantes da baixa produtividade do setor público, como a privatização, via de regra, ocorre através de grandes

empresas, o tamanho das empresas continua como um fator indutor à baixa produtividade.

Tal situação é mais acentuada nos serviços públicos objeto de nosso estudo, referentes ao saneamento básico, no qual há grandes controvérsias, mormente nos dias atuais em que a maioria dos casos de privatização ocorreu através de empresas envolvidas nos escândalos de corrupção que assolam o país, o que deixa uma sombra de suspeição neste processo.

A conclusão é que, a despeito de certas vantagens, o mecanismo da privatização é do tipo "jogo de soma zero", ou seja, o setor privado tem maiores benefícios e o setor público prejuízos equivalentes.

Não obstante os fatores acima, para que haja o desenvolvimento econômico e social, a sociedade deve continuar no processo que leve ao aumento da produtividade, sem abdicar, ao mesmo tempo, de manter o controle social do Poder Público.

Voltando ao conceito de parcerias público-privado no setor de saneamento, a terceirização surge como a forma mais adequada de se atingir aos objetivos acima (aumento da produtividade e manutenção do caráter provedor do Poder Público); seu questionamento ocorre principalmente por parte dos sindicatos de empregados, por motivos financeiros, travestidos de ideológicos, dada a força da inserção sindical dos trabalhadores em órgãos e empresas públicos no sistema político brasileiro.

TERCEIRIZAÇÃO NO CONCEITO DE PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADO "LATU SENSU"

O estabelecimento de parcerias para a implementação das atividades-meio é o caminho natural que as grandes empresas privadas têm encontrado para assegurar custos decrescentes e maior produtividade, transferindo para empresas especializadas a responsabilidade total pela execução dos serviços, ao mesmo tempo em que estabelece os parâmetros operacionais que garantam o controle e a qualidade dos serviços.

Tal conceito aplica-se também e ainda com maior razão aos entes públicos (Estados ou Municípios, através órgãos públicos, autarquias ou empresas sob controle público) no tocante à esfera de atuação operacional relativa aos serviços públicos, como é o caso dos serviços de operação dos sistemas de águas residuais (esgotos sanitários) ou águas pluviais (drenagem).

Com a terceirização, a empresa privada necessariamente é mais preocupada do que a empresa ou o órgão público com a apuração dos custos de operação e com a qualidade dos serviços, pois disso depende a continuidade do seu contrato. A parceria através da terceirização acaba induzindo a uma redefinição conceitual das modalidades de prestação de serviços, abrindo-se uma grande oportunidade de introdução de inovações e melhorias de procedimentos.

Desta forma, através da **racionalização e diminuição dos custos operacionais,**

a parceria através da terceirização derrota o grande argumento da privatização, demonstrando que a manutenção da gestão nas mãos do poder público é viável dentro de um modelo enxuto economicamente, comparável ao das empresas privadas de mesmo porte, mantendo-se como provedor e não produtor dos serviços públicos.

O segredo do sucesso desse modelo reside em três pilares que serão explicitados a seguir.

Do lado da empresa ou órgão público, é necessário que sua direção tenha um visão moderna, não ideologizada e não corporativa e reconheça realisticamente a necessidade de recorrer efetivamente à parceria com o setor privado para o cumprimento dos objetivos de aumento da produtividade com a manutenção do caráter de provedor dos serviços públicos e não produtor dos mesmos; outrossim, também é fundamental que o **corpo de gestores compreenda e esteja comprometido com o processo pois caberá a ele construir objetivamente a parceria.**

O outro pilar é encontrar parceiros comprometidos com a modernidade e a qualidade, com experiência e criatividade para implementar melhorias no processo que permitam ao mesmo tempo aumentar a produtividade, baixar os custos operacionais e melhorar a qualidade dos serviços.

O último pilar está em definir um modelo de contratação que estimule o desenvolvimento de relações sinérgicas, com ganhos para ambas as partes envolvidas.

Nos últimos anos têm se desenvolvido formatos contratuais que demonstram que a **parceria público-privado através da terceirização dos serviços com o estabelecimento de metas operacionais de desempenho performance ligadas à remuneração das empresas com a aplicação simultânea de conceitos técnicos de gestão e otimização dos serviços, deve levar a que sejam alcançados simultaneamente as metas de aumento da produtividade e conservação do Poder Público como provedor das atividades-fim.**

Deve-se reconhecer que se trata de um novo paradigma e como tal sujeito a discussões e principalmente contestações, uma vez que implicará em reorganização dos modelos predominantes. No entanto, o momento atual, de séria crise econômica e política, é propício a que assuntos polêmicos e que envolvem mudanças em paradigmas mais profundos e arraigados, ligados aos princípios e direitos definidos pela Constituição de 1998, que o país não tem como arcar, possam ser discutidos, o que dá atualidade ao que se coloca neste estudo.

A parceria público-privado para a operação conjunta da operação e manutenção de redes coletoras de esgotos e drenagem, que a seguir conceituaremos, constitui-se em um exemplo (dos muitos potenciais) a ser adotado.

OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO (O&M) DE REDES COLETORAS DE ESGOTO E DRENAGEM

Os sistemas de esgotos destinam-se fundamentalmente ao transporte das águas residuais até as Estações de Tratamento de Esgotos; de igual forma, os sistemas de drenagem destinam-se a transportar as águas pluviais aos cursos d'água (córregos e rios).

Os componentes dos sistemas de esgotos (redes coletoras, coletores troncos, estações elevatórias, interceptores) ou drenagem (galerias, ramais, bocas de lobo, piscinões) têm suas características operacionais definidas pelo projeto e construção, de modo que sua deterioração começa imediatamente após a construção, sendo acelerada pelo uso.

A operação e manutenção de redes coletoras de esgotos ou drenagem significam fundamentalmente manter o esgoto ou as águas pluviais correndo na rede, evitando extravasamentos nas vias ou residências, assim como enchentes e alagamentos, ou no caso inevitável de uma ocorrência, atender rapidamente às reclamações dos usuários.

Obstruções e assoreamentos reduzem a capacidade do sistema, gerando extravasamentos que são percebidos pela população; extravasamentos decorrentes de obstruções e/assoreamentos são sintomas de operação e manutenção inadequadas do sistema.

Desta forma, os **índices de quantidade de ~~des~~obstruções de coletores e do tempo de atendimento das mesmas constituem-se nos principais indicadores da eficiência dos serviços de operação e manutenção das redes coletoras de esgotos e drenagem, daí a relevância destes serviços no conjunto das operações dos órgãos ou empresas de saneamento**.

GESTÃO CONJUNTA DA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO (O&M) DE REDES COLETORAS DE ESGOTO E DRENAGEM

O Brasil, com poucas exceções, adota os sistemas de transporte separado das águas provenientes das chuvas (águas pluviais) daquelas oriundas do uso doméstico ou industrial (águas residuais ou esgotos). Por este motivo, as atividades de operação e manutenção dos sistemas de drenagem e esgotos, tradicionalmente ocorrem de forma separada, sob a responsabilidade de órgãos municipais distintos.

A despeito desta separação administrativa, a natureza e a técnica (com frequência, a má técnica) impõem a interligação entre os dois sistemas, tanto com ligações domésticas nas galerias de águas pluviais, como de galerias nas redes de esgotos.

Como consequência, esgotos sanitários são despejados nas galerias, córregos e rios, ao invés de serem direcionados para tratamento, poluindo então o meio ambiente; de outro lado, as estações de tratamento de esgotos recebem excesso de líquidos (em relação ao projetado) que deveriam ser encaminhados para os cursos d'água, onerando

desnecessariamente os custos do tratamento.

De modo geral, a maioria das cidades do Primeiro Mundo adota programas de gestão conjunta de O&M das redes de drenagem e esgotos, envolvendo a inspeção contínua das redes, programas de reabilitação dos pontos críticos identificados e a limpeza preventiva; como resultado, os índices de extravasamento de esgotos por extensão de rede são muito baixos, assim como os alagamentos nas vias públicas são situações ocasionais causadas por precipitações pluviométricas incomuns.

GESTÃO EFICAZ DA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO (O&M) DE REDES COLETORAS DE ESGOTO E DRENAGEM

Não obstante as redes de drenagem e esgotos adotarem a separação completa entre os sistemas de drenagem e de esgotos é necessário, **gestão eficaz** para que não haja a contaminação, pela mistura entre os dois sistemas, em virtude da ocorrência de inundações e de interligações entre as redes de esgoto e drenagem.

A nova filosofia de gestão baseia-se no conhecimento preciso e exaustivo do sistema, no planejamento integral, na gestão completa e coordenada em tempo real e no enfoque ambiental e sustentável.

Os instrumentos básicos de uma gestão moderna exigem a utilização de sistemas tecnológicos de ajuda à tomada de decisões: o cadastro georreferenciado dos sistemas existentes, o diagnóstico das áreas críticas, o prognóstico com as ações corretivas recomendadas, instrumentos de modelagem hidráulica para o correto dimensionamento do sistema e instrumentos de medição dos volumes de água em tempo real.

Qualquer **sistema de coleta de esgoto sanitário**, devido a suas peculiaridades, apresenta pontos onde as ocorrências de manutenção corretiva se sobrepõem às médias das demais regiões, ocasionando extravasamentos para o sistema viário, que acaba por atingir o sistema de drenagem, sendo então conduzido para os corpos d’água, ocasionando aumento da poluição.

Com a implementação destes instrumentos, poderão ser planejadas com maior eficácia as ações necessárias tanto para o redimensionamento do **sistema de drenagem** ao volume real, quanto à limpeza regular e preventiva dos componentes do sistema de drenagem (margens de córregos, galerias, ramais, poços de visita e bocas de lobo); finalmente, poderão ser previstas e adotadas as medidas necessárias e imediatas, prevenindo a ocorrência de obstruções e extravasamentos do sistema de coleta de esgotos e de precipitações de intensidade incomum.

Estes pontos crônicos, seja dos sistemas de esgotos ou dos sistemas de drenagem, apresentam-se frequentemente obstruídos e afogados revelando problemas que exigem ações conjunturais, a partir do diagnóstico da real situação de cada caso.

Para que ocorra redução contínua da incidência do número de obstruções, é necessário que haja a melhoria operacional do sistema. Os serviços de lavagem preventiva, diagnóstico e melhoria operacional, priorizando os pontos críticos, permitirão o aprimoramento da gestão dos serviços de manutenção, estabelecendo-se um processo de melhoria contínua.

A gestão conjunta do sistema de drenagem e de esgotamento sanitário significa controlar a ocorrência de enchentes e inundações ou mitigar suas consequências no caso de precipitações pluviométricas extraordinárias, assim como atuar no controle da poluição; implica na operação e manutenção dos equipamentos existentes, além da identificação dos problemas e do detalhamento das intervenções necessárias para a solução dos pontos críticos que impedem o fluxo regular do sistema hidrológico, particularmente na condução das chuvas.

EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA LIMPEZA E DESOBSTRUÇÃO DE REDES COLETORAS DE ESGOTOS: EXEMPLO DE SUCESSO DO MODELO DE TERCEIRIZAÇÃO COM PARCERIA PÚBLICO-PRIVADA "LATU SENSU"

Este trabalho limitar-se-á às ações desenvolvidas no Estado de São Paulo e em especial à área metropolitana da capital, onde os autores têm desenvolvido seus trabalhos que subsidiam este estudo.

A contratação de serviços especializados de limpeza e desobstrução de redes coletoras de esgotos através de equipamentos que utilizam a técnica de hidrojateamento é prática antiga, que remonta há mais de 50 anos, tendo a Sabesp grande experiência não só na contratação como na execução dos serviços com equipamentos/pessoal próprios.

Já a Prefeitura do Município de São Paulo também utiliza esta categoria de equipamentos de forma completamente terceirizada há aproximadamente 30 anos. Os demais municípios e concessionários do Estado, em sua maioria, também utilizam o sistema, quer através de equipamentos próprios, quer por contratação de terceiros.

Na Sabesp até 1997, todos os contratos de terceirização previam como remuneração o pagamento dos serviços por hora do equipamento disponibilizado, a partir de programação definida pelas áreas operacionais, ou seja, o ônus de eventual ineficiência era pago pela contratante.

Esta mudança detonou um processo de interação entre Sabesp e contratadas, na medida em que o ônus da ineficiência passou na totalidade da Sabesp para a empreiteira, mesmo que de responsabilidade da contratante, estabelecendo-se de forma embrionária, o conceito de parceria público-privada "latu sensu".

O processo de planejamento estratégico da companhia tem se preocupado com a continuidade dos indicadores de desobstruções, havendo propostas de mudanças do critério de manutenção de corretiva para preventiva, como forma de inverter estes altos índices, o que passaria por lavagem preventiva, diagnósticos e projetos de melhorias na rede.

A implantação do cadastro georreferenciado através do SIGNOS dotou a empresa de um instrumento de grande valia para a implementação dos projetos de melhoria com uma base técnica mais confiável.

Simultaneamente, entre 2002 e 2005, a Prefeitura do Município de São Paulo implantou um programa piloto em toda a área geográfica do município para a manutenção do sistema de micro drenagem, cujas características são extremamente semelhantes às do sistema de esgotamento sanitário, que envolveu: limpeza preventiva por varredura de toda a área geográfica, inspeção por TV, cadastramento georeferenciado, diagnóstico de pontos críticos e sistema de gerenciamento informatizado, cuja evolução será explicada posteriormente.

Apesar de desativado na sua globalidade, o modelo de contratação, com foco na gestão técnica-operacional, continuou em diversas Subprefeituras do município, particularmente da zona leste; com adaptações locais, o conceito contratual, associando gestão técnica com os serviços operacionais está implantado nas cidades de Guarulhos e Poá.

No desenvolvimento deste processo, várias empresas prestadoras de serviços de limpeza e desobstrução passaram nos últimos 15 anos por um acelerado processo de melhoria técnica, incorporando conceitos de engenharia voltados para a otimização dos serviços de operação e manutenção tanto de redes coletoras de esgotos como de drenagem e ferramentas de gestão aos conhecimentos operacionais.

CONTRATO DE PERFORMANCE NOS SERVIÇOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE ESGOTOS

Resultou dos elementos acima o amadurecimento das condições objetivas para o estabelecimento de um novo formato de parceria público-privada no qual os serviços convencionais de desobstrução de redes coletoras de esgotos ou de drenagem, reconhecidamente importantes na avaliação da população em relação à eficiência dos serviços de esgotos ou drenagem, passassem a ser considerados como parte de um problema maior que exige solução multidisciplinar, técnica integrada com a gestão, no qual o comprometimento da parceira privada é garantida por sua remuneração atrelada a melhorias no desempenho.

Desta forma, este modelo conseguiu alinhar na mesma direção e no mesmo sentido os interesses tanto do público como do privado, garantindo o caráter de parceria.

A partir de 2009, os contratos da Sabesp referentes aos serviços convencionais de limpeza e desobstrução de redes coletoras de esgotos passaram a adotar os seguintes conceitos:

a) A empresa contratada ficava responsável pela execução da totalidade dos serviços de limpeza e desobstrução de determinada área geográfica definida pela Sabesp.

b) A remuneração da contratada correspondia a um valor fixo mensal, calculado pela Sabesp considerando o quantitativo histórico dos últimos meses (normalmente 24) de desobstruções de coletores, lavagem preventiva, sucção de poços de visita.

c) A remuneração fixa mensal era paga se fossem atingidos os indicadores de desempenho estabelecidos contratualmente (tempo médio de desobstrução, reincidências, etc), ficando sujeita a reduções caso tais índices não fossem alcançados.

d) A cada 6 ou 12 meses, a contratada garantiria uma redução na quantidade de desobstruções, a partir dos estudos técnicos de otimização da rede nos pontos críticos observados, sendo remunerada por estes trabalhos.

Nos 6 anos decorridos desde a implantação pioneira deste modelo contratual, foram efetuados vários ajustes e adaptações, objetivando aprofundar o modelo "ganha-ganha", que é a essência do conceito de parceria público-privado.

A Sabesp exige de terceiros qualificados o atendimento de índices essenciais à correta operação e manutenção do sistema de esgotos sanitários, a custo e desgaste menores do que teria com recursos próprios, que redireciona para atividades-fim; a contratada utiliza sua experiência, garantindo contratos com maior valor agregado, obtendo melhores resultados financeiros apenas se for eficiente em conseguir resultados mensuráveis que beneficiam o cliente.

A rigor, trata-se de um processo, que deve continuar para que possam obter-se cada vez melhores resultados e tal só poderá ser alcançado se ambas as partes estiverem imbuídas do conceito de parceria e trabalharem solidariamente para que melhorias possam ser introduzidas.

SITUAÇÃO ATUAL NOS SERVIÇOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE DRENAGEM

Os serviços de operação e manutenção dos sistemas de drenagem no Brasil, de modo quase total, são administrados por Secretarias Municipais, com variados graus de autonomia, consoante a existência de administrações regionais ou subprefeituras.

Apesar da inegável qualidade do corpo técnico, assim como da razoável estruturação administrativa dos órgãos encarregados, ao contrário do que predomina na Sabesp e mesmo em boa parte dos serviços ou departamentos concessionários de água e esgotos das prefeituras, o preenchimento dos cargos de direção observa critérios quase que exclusivamente políticos, elidindo a racionalidade nas decisões técnicas, resultando em maiores dificuldades na implementação de um modelo mais eficaz de gestão.

Além disso, a atuação dos Tribunais de Conta Municipal ou Estadual, de um lado essencial para a preservação da moralidade, muitas vezes, por excesso de rigor formal e visão míope da necessidade de evolução, bloqueia tentativas inovadoras.

No entanto, mesmo com estas dificuldades, crescente número de administradores têm compreendido o novo paradigma e estão adotando formas mais racionais de trabalho, que levarão a uma maior eficácia.

O modelo de gestão apresentado certamente levará a este objetivo; o desafio é encontrar um caminho para que a parceria possa incorporar o conceito de performance, que acelera os resultados.

A EXPERIÊNCIA NA SABESP ML

A Sabesp ML licitou a partir de 2009 contratos de manutenção e otimização da rede coletora, com cláusula de desempenho (performance), executados pela empresa Norte Sul Hidrotecnologia, cujos dados de resultados apresentamos a seguir.

O primeiro contrato foi de 11/03/2011 a 27/08/2013, abrangendo os Polos de Manutenção de Penha e Artur Alvim.

O segundo contrato foi de 23/01/2014 a 11/07/2016, abrangendo os Polos de Penha e Artur Alvim das UGRs de Itaquera e São Miguel.

Resultados obtidos:

a) Tempo médio de atendimento: janeiro de 2011 = 95 horas; janeiro de 2012 = 14 horas, agosto de 2012 = 16 horas; janeiro de 2016 = 16 horas.

b) Pronto atendimento: janeiro de 2011 = 82%; janeiro de 2012 = 100%; agosto de 2012 = 100%; janeiro de 2016 = 100%.

c) Redução de DCs: 2012 / 2011 = 21%; 2015 / 2012 = 34%.

d) Relatório de Diagnóstico e Prognóstico apontou a necessidade de execução de 4.700 intervenções em 120 km na área geográfica de abrangência para a diminuição da incidência de DCs recorrentes – poucas obras foram executadas, mas a redução ocorreu em virtude de mudanças climáticas e de lavagem preventiva.

O terceiro contrato está em início, a partir de 01/05/2016, abrangendo o Polo de Itaquera da UGR de Itaquera, com as seguintes características:

a) Preço fixo mensal pela execução de todos os serviços de desobstrução de coletores recebidos pelo 195, agência de atendimento, site e gestores, na área geográfica dos polos.

b) Preço formado a partir da média de desobstrução de coletores dos últimos 24 meses acrescido de 6% de sucção de poços de visita e acrescido de 18% de lavagem preventiva.

c) Relatório mensais de diagnóstico e prognóstico dos pontos críticos selecionados de comum acordo pelo comitê gestor.

d) Inspeção visual e televisionamento dos pontos selecionados de comum acordo pelo comitê gestor.

e) Intervenções recomendadas e aprovadas pelo comitê gestor serão executadas pela contratada, objetivando a efetiva implementação das melhorias propostas.

Os indicadores de resultado associados à remuneração eram os seguintes:

a) Tempo máximo de atendimento de 24 horas para a execução de 90% dos serviços de desobstrução, para que a remuneração seja de 100%;

b) Pronto atendimento (inexistência de reincidências no prazo de 48 horas) de 98%, para que a remuneração fosse de 100%.

c) Garantia de diminuição de 3% nas solicitações de desobstruções de coletores, com diminuição da remuneração do preço mensal em 3% a cada 6 meses, a partir do 13º mês de execução contratual.

d) Caso não haja a redução de 3% nas solicitações de desobstruções, o preço final será diminuído em 3%.

e) Caso a Sabesp atenda a algum serviço, a porcentagem será diminuída da remuneração da contratada.

O modelo de contrato de desempenho ainda está em processo de melhoria, como pode ser verificado pelos elementos acima, mas registra ganhos substanciais no aumento da produtividade, comprovando os benefícios da parceria público-privada.

CONCLUSÃO

O modelo proposto dá forma à tendência moderna em que há necessidade de associar-se maior qualidade a custos decrescentes, através de formas criativas de parceria entre empresas comprometidas com a modernidade.

No caso especifico do Saneamento, que envolve a saúde pública, o modelo desarma os argumentos de ineficiência, baixa produtividade e custos altos da atuação do Poder Público, mostrando que é possível (além de desejável) ser eficiente e, ao mesmo tempo, manter o controle e a gestão pública, trabalhando em parceria com a iniciativa privada.

REFERÊNCIAS

ARBOUR, R., KERRI, K (1998) ***Collection systems:methods for evaluating and improving performance***. California State University, Sacramento Fundation.

BRASIL. (2016) Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental- SNSA. ***Sistema Nacional de Informações sobre saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos***- 2014. Brasília: SNSA/MCIDADES. 212p.

LODOVICI, E. SAMEK, BERNAREGGI, G. M. (1992) ***Parceria Público-privado*, Summus** Editorial, 1992.

WILLIAM J. BAUMOL (2012) **The Cost Disease**: Yale University Press, 2012

CAPÍTULO 11

A INTRUSÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS E O INCREMENTO DE VAZÕES EM ETE'S

Data de aceite: 01/04/2021
Data de submissão: 24/01/2021

Diogo Botelho Correa de Oliveira
Universidade de Pernambuco
Recife - Pernambuco
http://lattes.cnpq.br/2647295852254445

Marco Aurélio Calixto Ribeiro de Holanda
Universidade de Pernambuco
Recife - Pernambuco
http://lattes.cnpq.br/2511268845383329

Camila Barrêto Rique de Barros
Universidade de Pernambuco
Recife - Pernambuco
http://lattes.cnpq.br/3519251732275622

Lorena Clemente de Melo
Universidade de Pernambuco
Recife - Pernambuco
http://lattes.cnpq.br/9544716840574756

Willames de Albuquerque Soares
Universidade de Pernambuco
Recife - Pernambuco
http://lattes.cnpq.br/8129166589399635

RESUMO: Apesar do sistema de galerias pluviais e de coleta de esgoto serem distintos, existem interações entre eles que acabam sendo prejudiciais em ambos os sistemas. Nas estações de tratamento de esgotos o primeiro parâmetro notório a ser alterado é a sua vazão de entrada. Objetivando-se analisar esses incrementos, foram avaliadas sete estações, entre médio e grande porte, pertencentes à Região Metropolitana do Recife. Os comparativos foram realizados entre dias considerados com chuva e sem chuva, onde constatou-se que para as de menor rede coletora e capacidade de projeto existem crescimentos na ordem de 6 a 19% (4 a 17L/s aproximadamente) que não foram considerados significantes através do intervalo de confiança. Já nas de maior porte, esse aumento passa de 25 a 31% (75 a 146L/s, aproximadamente), acarretando diversas alterações na operacionalidade do sistema de tratamento de efluentes, como a sobrecarga, redução do tempo de detenção e da frequência de manutenções e aumento do custo de energia.
PALAVRAS-CHAVE: Drenagem urbana, sistema de coleta de esgoto, vazão de entrada, estações de tratamento de esgotos.

RAINWATER INTRUSION AND INCREASED FLOW IN WWTP

ABSTRACT: Although the rain gallery and sewage collection systems are distinct, there are interactions between them that end up being harmful in both systems. In sewage treatment plants the first notorious parameter to be changed is their input flow. In order to analyze these increments, seven stations, medium to large, belonging to the Metropolitan Region of Recife were evaluated. The comparisons were carried out between days considered to be rainy or no rain, where it was found that for those with a smaller collecting network and design capacity, there were increases in the order of 6 to 19% (approximately 4 to 17L/s) that were not considered significant. Through the confidence

interval. In the larger ones, this increase goes from 25 to 31% (approximately 75 to 146 L/s), resulting in several changes in the effluent treatment system's operation, such as overload, reduction of detention time and maintenance frequency and rising energy costs.
KEYWORDS: Urban drainage, sewage collection system, inlet flow, wastewater treatment plant.

1 I INTRODUÇÃO

A drenagem urbana (DU) compreende serviços de infraestrutura essenciais para os desenvolvimentos dos grandes centros urbanos, sendo responsável pelo correto manejo das águas de origem pluvial, evitando acúmulos indesejáveis que afetam diretamente o ambiente e a rotina nas cidades (Lanuti et al., 2019).

Esse sistema é composto por bueiros e galerias de águas pluviais (GAP) e quando tem seu planejamento e dimensionamento realizado em épocas que não previram o desenvolvimento da crescente urbanização (que resulta em descaracterizações do solo natural, ocupação de área ciliar ou de baixo relevo e o aumento de áreas propícias a transtornos) provocam diversos efeitos negativos como a diminuição significativa do fluxo de carros nas vias, o aumento na propagação de doenças e do lixo urbano não recolhido, alagamentos em residências e estabelecimentos comerciais (Oliveira et al, 2018; Silva Júnior e Silva, 2016).

A Região Metropolitana do Recife (RMR) é um dos conglomerados urbanos mais importantes da região Nordeste e do país, composta por 15 municípios e abrangendo grande parte da região litorânea do estado de Pernambuco. Possuindo cotas de nível do terreno próximas ao do mar, baixa variação altimétrica topográfica e alto nível do lençol freático (próximo a superfície), observa-se ao longo dos anos que, nos períodos de chuvas, são recorrentes as cheias em rios que cortam as cidades (como o Beberibe e o Capibaribe) e os alagamentos de origem pluvial, comprometendo grande parte do sistema de drenagem em eventos pluviométricos de alta frequência de recorrência (MELO et al, 2013).

No sistema separador absoluto os manejos de águas pluviais não permitem interação com o sistema de coleta de esgoto. A sua interação pode acarretar diversos efeitos danosos, tanto para o sistema de DU quanto para o Sistema de esgotamento sanitário (SES). Quando o efluente sanitário atinge as GAP's geram contaminação no meio ambiente, já que o líquido contaminado é diretamente encaminhado aos corpos hídricos, sem tratamento adequado. Enquanto que a passagem de uma grande quantidade de águas pluviais em um sistema de tratamento de efluentes pode acarretar em diversos problemas à estação de tratamento de esgotos, como a queda ou alteração na eficiência de tratamento da unidade, o aumento de energia elétrica consumida pelos dispositivos de recalque presentes, incremento do custo e esforço operacional, maior periodicidade de manutenção dos equipamentos, entre outros (Siqueira et al, 2017).

Apesar disto, sabe-se que existe comunicação entre os dois, devido a fatores como:

ligações clandestinas, interceptações acidentais, a falta de recursos para utilização correta dos sistemas, infiltrações indevidas e contribuições superficiais. (Jamwal et al, 2015).

Como o sistema separador absoluto é mais comum em países tropicais, que é o caso do Brasil, e que normalmente têm pouco desenvolvimento área de saneamento básico, existem diversos estudos qualitativos para analisar essas interações e os efeitos causados por ela. O que ainda necessita de desenvolvimento são os estudos quantitativos, que expressam com maior precisão as alterações causadas nas estações de tratamento de esgoto (Machado et al, 2013).

Atualmente os conceitos e dimensionamentos de projetos de redes coletoras de esgotos preveem diversos fatores como a contribuição da população, com previsões de seu crescimento ao longo dos anos, do lençol freático nas tubulações, a topografia e a formação de bacias e sub-bacias para auxiliar o transporte dos afluentes pela gravidade e métodos para execução e proteção das tubulações (NBR 9649, 1986; Matos et al, 2017).

Apesar disso, devido à deficiência de registros e cadastro de redes coletoras de esgotos e drenagens antigas e/ou clandestinas, existem diversas dificuldades entre a execução adequada do projeto e o seu conceito. O não repasse financeiro das adequações e mudanças causadas pelas interferências, falta de soluções técnicas apropriadas, as adequações próprias da população, a não realização correta das As-Builts (projetos pós-obras indicando como foi construída a estrutura in loco) influenciam em diversas alternativas danosas para os dois sistemas (esgoto e drenagem), principalmente as ligações e interações entre eles (Paiva et al, 2018).

Em relação às caracterizações e análises das alterações da intrusão de águas pluviais nos sistemas de tratamento de esgotos existem diversos estudos qualitativos acerca do tema, porém os quantitativos ainda são gradativos no Brasil, principalmente quando relacionados aos sistemas não condominiais, que são de médio e grande porte (Tonetti et al, 2012). Assim, procura-se quantificar e analisar os incrementos de vazões registrados em períodos chuvosos nas estações de tratamento de esgotos da RMR, levando em consideração a capacidade de projeto e a abrangência da bacia de coleta.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Foram analisadas as vazões sete ETE's (numeradas de 1 a 7) distribuídas em seis municípios da RMR – Ipojuca, Jaboatão dos Guararapes, Olinda, Paulista e São Lourenço da Mata.

As estações variam de médio (cinco) a grande (duas) porte, classificação segundo CONAMA (2006), e possuem sistema de tratamento específico conforme Tabela 1.

As bacias compreendem o sistema de coleta de esgoto, abrangendo a área da região beneficiada pelo sistema, não indicando diretamente a extensão das redes coletoras existentes, podendo haver regiões com maior quantidade de tubulações e

menor área de bacia.

Os registros de vazões considerados foram disponibilizados pela Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), por meio do Pedido de Acesso à Informação, registrado sob o nº 201919324. Eles são coletados uma vez por mês, sendo identificado o valor instantâneo na hora da coleta. As medições são efetuadas com auxílio de Calha Parshall e medidor eletromagnético, onde a leitura é realizada através de display. Os dados foram divididos em dois espaços amostrais: os dias com chuva (CC) e sem chuva (SC).

Para fins de comparação entre os CC e SC foram consideradas as leituras dos postos pluviométricos (P.P.) mais próximos às ETE's e suas bacias. Os históricos e as locações dos P.P.'s são disponibilizados pela APAC (Agência Pernambucana de Águas e Clima). Para considerar a influência da chuva diária na vazão foram necessárias chuvas de 10mm de intensidade ou mais (Souza et al, 2012), tendo em vista que valores menores pouco influenciam em sistemas de macrodrenagem e intrusões indevidas nos sistemas de coleta de esgoto.

O período de estudo compreende de abril de 2016 a dezembro de 2018, totalizando máximo de 33 registros (meses representativos). Devido a fatores externos pontuais, alguns dados foram indisponibilizados, reduzindo, especificamente para cada ETE, a quantidade dos eventos.

	ETE 1	ETE 2	ETE 3	ETE 4	ETE 5	ETE 6	ETE 7
Porte	Grande	Grande	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio
Nível do trat.	Secundário						
Tipo do trat.	Lodos Ativados (carrossel)	Filtro Biológico + Decantação	Lagoa Aerada	UASB + Filtro + Decantação	Lagoa Aerada	Lagoa de Estab.	Lagoa Aerada
Bacia (km²)	43,07	33,80	4,08	5,70	14,11	1,23	5,78
Vazão de projeto (L/s)	400,00	470,00	53,00	290,00	61,88	64,00	90,72
P.P.	P. + O.	A.B. + Várzea + S.A. + O. + A.S.G.	C.	Várzea	J.G.	Ipojuca	C.
Cidade	Paulista	Olinda	Jaboatão	Recife	Jaboatão	Ipojuca	São Lourenço da Mata

P.P – Postos Pluviométricos, onde A.B. (Alto da Brasileira), A.S.G. (Academia Santa Gertrudes), C. (Camaragibe), J.G. (Jaboatão dos Guararapes), O. (Olinda), P. (Paulista) e S.A. (Santo Amaro).

Tabela 1 – Características das ETE's.

Branco (2015) destaca a necessidade de paralização momentânea de estações elevatórias de esgotos quando ocorrem eventos de grande chuva, visando não sobrecarregar as ETE's à jusante. Alguns dos registros de vazões (em dias chuvosos) foram identificados

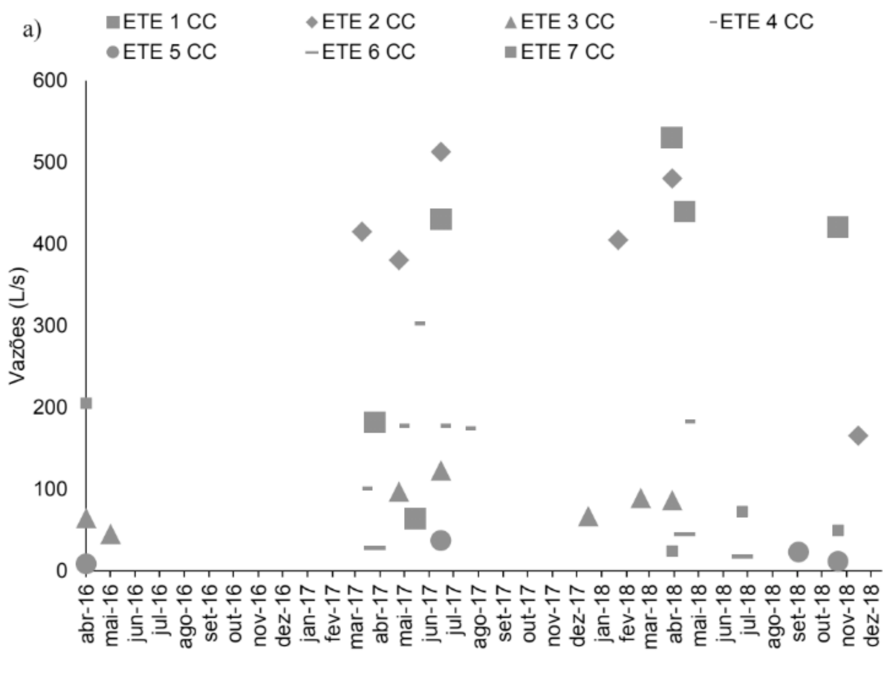
em situações desse tipo, apresentando valores numéricos bastante aquém das médias em dias secos, sendo, portanto, desconsiderados.

As médias de vazões entre os dois grupos amostrais são parâmetros estatísticos relevantes que auxiliam a consolidar o comportamento do evento. Foi realizado intervalo de confiança para verificar se existem diferenças significativas entre eles, a um nível de 90% de significância (um-sigma), devido à baixa recorrência dos eventos, principalmente o CC (Montgomery e Runger, 2012).

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os históricos de vazões foram divididos entre os dias CC (Figura 1a) e os SC (Figura 1b). Conforme especificado pelo projeto de cada uma, as estações apresentam regimes bastante distintos entre si, onde as ETE's 1 e 2 apresentam registros chuvosos bastante superiores às demais, variando de 400 a 600L/s. A ETE 4 é a que mais se aproxima, com valores máximos de aproximadamente 300 L/s. As demais permeiam valores de 0 a 100L/s.

Em comparação aos dias SC, na maior parte dos casos percebe-se redução numérica em relação ao caso anterior, exceto em alguns eventos pontuais, como para a ETE 5 no início e no final dos registros históricos e para a ETE 6, que apresenta mudanças mais sensíveis ao longo do estudo. Em estações de menor porte as mudanças são mais sensíveis, sendo melhor perceptíveis nos seus parâmetros médios representativos (Tabela 2).



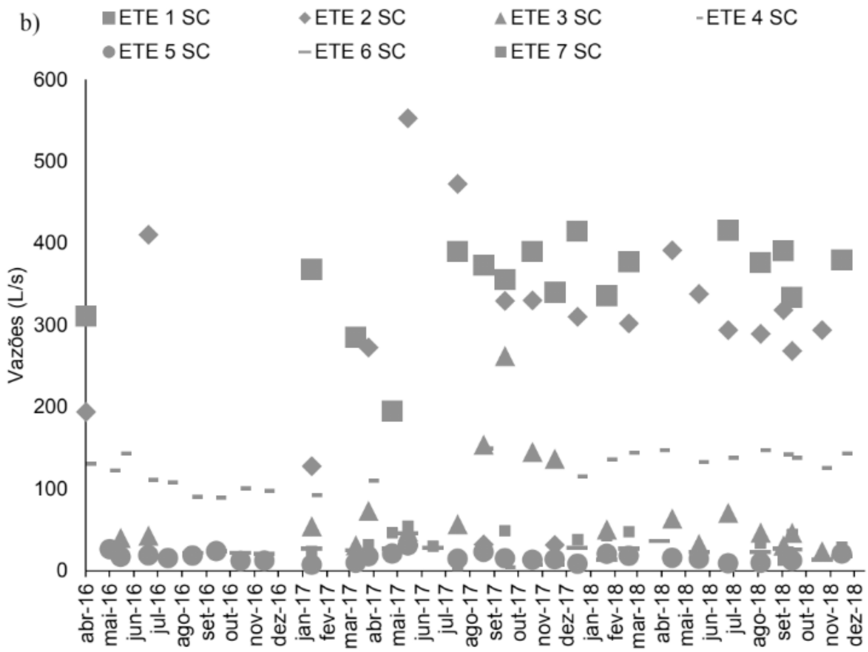


Figura 1 – Histórico de vazões em dias com chuva (CC – a) e sem chuva (SC – b).

A Tabela 2 consolida e auxilia a leitura dos registros históricos das ETE's do estudo, onde as quantidades de dias registrados apresentam a seguinte frequência: SC com variações de 17 a 27, enquanto que os CC possuem menor recorrência, de 3 a 7.

As estações 1, 2 e 4 (que possuem as maiores capacidades de projeto) apresentaram incrementos superiores a 20% em dias chuvosos, equivalência em fluxo de aproximadamente 75 a 150L/s. Nas demais estações de médio porte os acréscimos são inferiores a 20% (de 6 a 19%) e apresentam acréscimo máximo de 16,82 L/s. Nas ETE's 2, 4 e 6 as intrusões de águas pluviais no sistema são menos impactantes que nos demais casos. Isto pode ser reforçado de acordo com os resultados estatísticos apresentados na Tabela 3 (Intervalo de Confiança).

Não existem interseções entre os intervalos superiores dos dias SC e os inferiores dos dias CC para os casos 1, 2 e 4. Isto corresponde às diferenças significativas de vazões entre os dias com e sem chuva, impactando diretamente no sistema de tratamento da ETE. Nos demais casos as alterações não se mostraram com grandes diferenças, atuando no tratamento dentro da normalidade dos casos, apesar do incremento de fluxo dentro do sistema.

	Limite superior SC (L/s)	Limite Inferior SC (L/s)	Limite Superior CC (L/s)	Limite Inferior CC (L/s)
ETE 1	367,91	341,78	480,80	430,14
ETE 2	322,34	262,78	463,68	414,02
ETE 3	88,09	60,65	91,61	72,49
ETE 4	119,13	102,32	213,13	159,79
ETE 5	17,42	15,23	26,62	13,66
ETE 6	26,93	23,58	38,66	22,71
ETE 7	35,58	28,67	62,90	34,97

Tabela 3 – Intervalo de Confiança para as vazões médias das ETE's.

É importante destacar que o aumento da quantidade de afluente no sistema de tratamento pode reduzir o tempo de detenção do processo de tratamento, sobrecarregar o sistema, aumento do custo operacional, redução do intervalo das limpezas periódicas e manutenções, além de poder interferir na eficiência do tratamento de esgotos (Oliveira et al.2020; Saliba e Sperling, 2017).

4 | CONCLUSÕES

O comparativo de vazões é bastante interessante para avaliar a interação entre os sistemas de coleta de esgoto e das galerias de drenagem pluvial nos centros urbanos. Quando o sistema de coleta tende a abranger maior captação e ser atendido por ETE's de maior capacidade de projeto de aporte para efluentes, maior a tendência da intrusão de líquidos indesejados, nesse caso o de origem da chuva.

Para estações de capacidade igual ou superior a 290L/s os incrementos são significativos e superiores a um quarto da capacidade total de projeto. Já para as de menor abrangência, apesar de incrementos médios de 6 a 19% na vazão de projeto, essa diferença não se mostrou significante pelo intervalo de confiança, devido à ETE atender volumes semelhantes em períodos secos. Ainda assim, são notórias as interações entre os dois sistemas e as consequências no seu destino final.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PEC) da Escola Politécnica de Pernambuco.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1986.

BRANCO, M. A. T. P. **Descargas não controladas de efluentes por efeito de afluências indevidas. O caso de uma estação elevatória**. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Lisboa, Portugal, 48p, 2015.

BRASIL. **Resolução CONAMA 377**. Conselho Nacional de Ambiente, 2006. Disponível em: http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=507. Acesso em: 14 mai. 2020.

JAMWAL, P.; ZUHAIL, T. M. D.; URS, P. R.; SRINIVASAN, V.; LELE, S. Contribution of sewage treatment to pollution abatement of urban streams. **Current Science**, v. 108, n. 4, p. 677-685, 2015.

LANUTI, Y. V. R.; SOUZA, P. C.; RODRIGUES, P. H.; MAZZER, H. R. Avaliação da rede de drenagem urbana na área central do município de Luiziana-PR. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 11, p. 24729 – 24737, 2019.

MACHADO, A. S.; BORJA, P. C.; MORAES, L. R. S. Desafios e Oportunidades para Implantação de uma das Propostas do PEMAPES: o sistema combinado. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 1, n. 2, p. 234-250, 2013.

MATOS, S. C.; FERREIRA, J. C.; FERNANDES, F. F.; SOUZA, R. J. Q. Proposta de rede coletora de esgoto sanitário em uma área da cidade de Manaus. **In Anais** do XVII Safety, Health and Environment World Congress, Vila Real, Portugal, 2017, p. 203-208, 2017.

MELO, T.A.T.; COUTINHO, A.P.; CABRAL, J.J.S.P.; CIRILO, J.A.; ANTONINO, A.C.D. Desafios para o manejo das águas pluviais na cidade do Recife – A contribuição da UFPE. **In Anais** do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Bento Gonçalves, 2013, p. 1-8, 2013.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para Engenheiros**. LTC, Rio de Janeiro - RJ, 548 p, 2012.

OLIVEIRA, D. B. C.; SOARES, W. A.; HOLANDA, M. A. C. R. Effects of Rainwater intrusion on an activated sludge sewer treatment system**. Revista Ambiente e Água**, v. 15, n. 3, p. 1-12, 2020.

OLIVEIRA, D. B. C.; SOARES, W. A.; HOLANDA, M. A. C. R. Análise de Desempenho de Modelos de Infiltração Unidimensional de Água no Solo. **Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 1, p. 35-42, 2018.

PAIVA, M. A.; BRACARENSE, D. C.; SOUSA, W. S. V. Avaliação do impacto da água de chuva na vazão afluente em uma estação de tratamento de esgoto da cidade de Palmas (TO). **In Anais** do XXIX Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente, São Paulo, 2018, pp. 1-9, 2018.

SALIBA, P. D.; SPERLING, M. Performance evaluation of a large sewage treatment plant in Brazil, consisting of a UASB reactor followed by activated sludge. **Water Science & Tecnology**, v. 76, n. 8, p. 2003-2014, 2017.

SILVA JÚNIOR, M. A. B.; SILVA, S. R. Impactos da urbanização e das alterações climáticas no sistema de drenagem do Recife/PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 6, p. 2034-2053, 2016.

SIQUEIRA, B. F. de; CORREA, A. C. S. S.; ARAÚJO, G. R. A. Estudo Da Influência Das Águas Pluviais Em Um Sistema De Tratamento De Esgoto Por Lodo Ativado. **In Anais** do Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Florianópolis, pp. 1-8, 2017.

SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V.; ARAUJO, L. E. Classificação da Precipitação diária e Impactos decorrentes dos desastres associados às Chuvas na Cidade do Recife – PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 2, n. 2, p. 250-268, 2012.

TONETTI, A. L.; CORAUCCI FILHO, B.; NICOLAU, C. E.; BARBOSA, M.; TONON, D. Tratamento de esgoto e produção de água de reuso com emprego de filtros de areia. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 17, n. 3, p. 287-294, 2012.

CAPÍTULO 12

POTENCIALIDADES NO USO DA ÁGUA DO AQÜÍFERO GUARANI

Data de aceite: 01/04/2021
Data de submissão: 05/01/2021

Gilmar Antônio da Rosa
UnC – Universidade do Contestado
campus Concórdia/SC
Ipumirim – Santa Catarina
http://lattes.cnpq.br/2263148079154963

Priscila Mara Knoblauch
FACC - Faculdade Concórdia
Concórdia – Santa Catarina
http://lattes.cnpq.br/4994093496940279

RESUMO: O Sistema Aquífero Guarani (SAG) é a unidade hidroestratigráfica mais importante do continente sul-americano, ocupando 1,2 milhões de km-² no Brasil (67,65%), Argentina (20,98%), Uruguai (8,05%) e Paraguai (3,32%). O principal uso atual é o abastecimento público. No Uruguai e Paraguai, 90% da água explotada é para abastecer os centros urbanos. Na Argentina, são explotadas unicamente com fins recreativos. O Brasil é o que mais extrai, consumindo 90% do total explotado. Abordamos aqui as potencialidades do uso múltiplo do SAG dentro do Estado de Santa Catarina, Brasil. Os principais usos atuais são o abastecimento público urbano e a balneabilidade termal, pois suas águas são consideradas de boa potabilidade com alto grau geotérmico e classificadas como bicarbonatadas, magnesianas, sulfatadas ou cloretadas. Possuem grande potencial para o turismo de água termal e terapêutico. Também podem ser aproveitadas no uso agroindustrial, no abastecimento humano e animal. Pois, a degradação das águas superficiais e as estiagens estimulam a perfuração de poços cada vez mais profundos na área rural. As águas do SAG são reservas futuras e o seu uso requer esforços conjuntos do poder público, usuários, sociedade civil e órgãos gestores, garantindo o direito ao uso múltiplo às presentes e futuras gerações.

PALAVRAS-CHAVE: Hidrogeologia; turismo; termal; desenvolvimento regional.

POTENTIALITIES IN WATER USE OF GUARANI WATERFALL

ABSTRACT: The Guarani Aquifer System (SAG) is the most important hydro-stratigraphic unit in the South American continent, occupying 1.2 million km² in Brazil (67.65%), Argentina (20.98%), Uruguay (8 , 05%) and Paraguay (3.32%). The main current use is public supply. In Uruguay and Paraguay, 90% of the exploited water is supplied to urban centers. In Argentina, they are exploited solely for recreational purposes. Brazil is the one that extracts the most, consuming 90% of the total explored. We address here the potentialities of multiple use of SAG within the state of Santa Catarina, Brazil. The main current uses are urban public supply and thermal bathing. As its waters are considered of good potability with high geothermal degree and classified as bicarbonated, magnesian, sulfated or chlorinated. They have great potential for thermal and therapeutic water tourism. They can also be used in agroindustrial use, in human and animal supply. For the degradation of surface waters and droughts encourage the drilling of

increasingly deep wells in the rural area. The waters of the SAG are future reserves and their use requires the joint efforts of the government, users, civil society and management bodies, guaranteeing the right to multiple use to present and future generations.
KEYWORDS: Hydrogeology; tourism; thermal; regional development.

1 I INTRODUÇÃO

Atualmente, a demanda mundial por água é estimada em torno de 4.600 km³.ano^{-1}, e calcula-se que esta irá aumentar de 20% a 30%, atingindo um volume entre 5.500 e 6.000 km³.ano^{-1} até 2050 (BUREK *et al.,* 2016). O uso mundial das águas subterrâneas, principalmente para a agricultura, atingiu 800 km³.ano^{-1} em 2010, com a Índia, os Estados Unidos da América (EUA), a China, o Irã e o Paquistão (em ordem decrescente) respondendo por 67% do total de extrações em todo o mundo (BUREK, *et al.*, 2016).

Não se pode pensar que a água é um bem infinito e que nunca se esgotará. Ao contrário, a água é um recurso escasso. Segundo Rebouças (2001), a água é um recurso finito e fator competitivo do mercado; seu uso eficiente torna-se mais importante que ostentar sua abundância.

A água existente na superfície terrestre é estimada em 1.400 milhões de quilômetros cúbicos, dos quais cerca de 97% são águas salgadas. Dos 3% restantes, em torno de ¾, perfazem as águas congeladas, restando pouca quantidade para o consumo humano, bem como de outras espécies animais e vegetais. Águas subterrâneas perfazem a maior quantidade de água doce disponível na terra, no entanto, não são de fácil acesso. A maior parte da nossa água não é visível na superfície: cerca de 97 % da água doce do Planeta, em forma líquida, está depositada em aquíferos (GERBER, 2015).

Em 2013 foram descobertos aquíferos de grandes proporções na África, Austrália, China e também na América do Norte. Esses aquíferos possuem, no conjunto, um volume de 500.000 km³ e foram formados na última era glacial. O aquífero da grande bacia artesiana na Austrália é, provavelmente, o maior do mundo (área ocupada de 1,7 milhão de km²). As águas desse aquífero são fornecidas a várias cidades da Província de Queensland, bem como para regiões remotas da Austrália austral (PINTO-COELHO & KARL HAVENS, 2015).

Existem aquíferos em quase todas as partes do mundo. Entretanto, em muitos casos estão sendo seriamente ameaçados, consequência das atividades humanas. Tem sido relatado a perda total do aquífero por causa de uma intrusão irreversível de água salina. Em outros casos, o bombeamento excessivo faz com que os aquíferos se contaminem com metais e outras substâncias minerais tóxicas, tais como a contaminação com arsênio ou com nitratos. Dentre as atividades humanas que mais dependem dos aquíferos, estão o consumo humano e a irrigação. Muitas cidades de todos os tamanhos, em todo o mundo e inclusive no caso brasileiro, têm o seu principal suprimento de água a partir de aquíferos (PINTO-COELHO & KARL HAVENS, 2015).

Nas Américas, os principais usuários dos aquíferos são os Estados Unidos, México, Peru, Argentina e as regiões Nordeste e Sudeste do Brasil, particularmente os Estados de São Paulo e a região Sul. Na América do Sul o Sistema Aquífero Guarani (SAG), trata-se igualmente de um dos maiores aquíferos do mundo e cobre uma área de aproximadamente 1,2 milhão de km², conforme evidenciado na figura 1.

O volume de água acumulado nesse aquífero sul-americano chega a 40.000 km³, com espessuras que variam entre 50 e 800 metros, e uma profundidade máxima de 1.800 metros (OEA, 2009).

2 | CARACTERIZAÇÃO DO AQUÍFERO GUARANI

O Sistema Aquífero Guarani (SAG) é a unidade hidroestratigráfica mais importante da porção meridional do continente sul-americano e está associado ao conjunto de rochas sedimentares originadas da acumulação mecânica de partículas detríticas. Essas partículas, produzidas pela decomposição de rochas preexistentes, são denominadas de "siliciclásticos" (cascalho, areia, silte e argila). Engloba a Bacia do Paraná (Brasil e Paraguai), a Bacia Chaco Paranaense (Argentina) e a Bacia Norte (Uruguai). Definido dessa forma, a área total englobada pelos sedimentos que compõem o SAG é de 1.087.879,15 km², assim distribuídos: na Argentina, ocupa uma área de 228.255,26 km² (20,98%); no Brasil, 735.917,75 km² (67,65%), no Paraguai, a área é de 87.535,63 km² (8,05%); e no Uruguai, 36.170,51 km² (3,32%), localizados entre os paralelos 16º e 32º S e os meridianos 47º e 60º W (OEA, 2009).

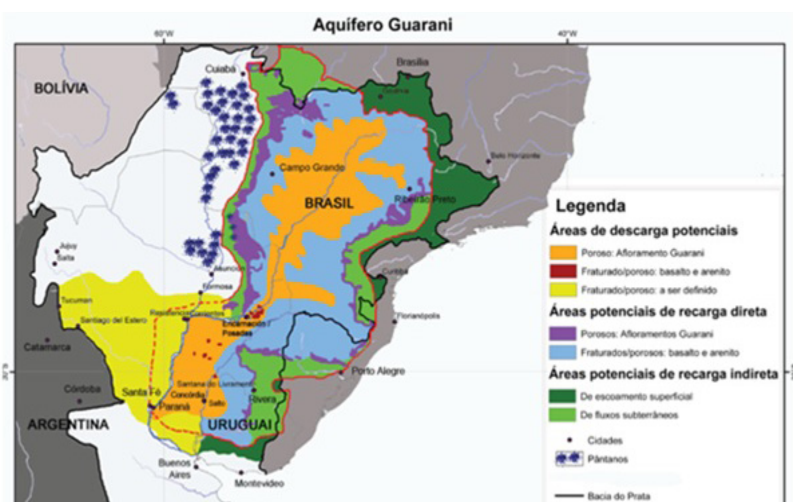


Figura 1 – Aquífero Guarani ocupa extensas áreas no Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina.

Fonte: Pinto - Coelho & Karl Havens (2015)

A população residente sobre a área de ocorrência do aquífero foi estimada em aproximadamente 90 milhões de pessoas. Isso corresponde aproximadamente à metade da população dos quatro países do SAG (OEA, 2009).

A maior população residente sobre o SAG é a brasileira, com aproximadamente 90% do total. Quase a metade da população brasileira vive sobre o SAG.

Na porção brasileira, no estado de Santa Catarina (SC), os limites das áreas de afloramento das rochas vulcânicas da Serra Geral e dos arenitos da Formação Botucatu estariam, conforme Scheibe e Furtado (1989), diretamente relacionados a uma série de lineamentos tectônicos de grande expressão. Essas camadas sedimentares de origem flúvio-lacustre do triássico e eólica do jurássico, em sua maior parte no estado de Santa Catarina estão confinadas, no topo, pelos derrames do Grupo Serra Geral e na base por sedimentos do Grupo Passa Dois, de idade permo-triássica.

Após um abrangente estudo das feições estruturais e das características geoquímicas das águas de centenas de poços na área do Arco de Ponta Grossa, estado do Paraná, Brasil. Portela Filho *et al,* (2005) sugerem uma visão conjunta dos dois sistemas aquíferos (SASG - Sistema Aquífero Serra Geral e SAG). Para os autores, a avaliação de dados hidroquímicos implica na mistura das águas da Formação Serra Geral com as de outros aquíferos sotopostos, sugerindo que o Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), além de seu caráter de barreira hidráulica do (SAG), deva ser tratado em conjunto com este, em conformidade à provável conexão hidráulica e ao caráter de similaridade de alguns padrões de fluxo.

Para que exista desenvolvimento, as águas devem ter qualidade. Em termos gerais, os estudos consideram as águas desse aquífero com boa potabilidade, no entanto, algumas restrições em relação às concentrações de ferro e manganês já foram encontradas. Além disso, nas regiões de maior desenvolvimento urbano e industrial são conhecidos diversos casos de contaminação bacteriológica e química. Há ainda ocorrências identificadas de índices de fluoretos acima dos padrões de potabilidade (FREITAS *et al*, 2017).

No estado de São Paulo, a Rede Integrada de Qualidade e Quantidade que monitora as águas subterrâneas, incluindo as do SAG e SASG, em 38 pontos, apresentaram qualidade regular em 2017, com um Índice de Potabilidade de 66,5% e resultados semelhantes nos anos de 2015 e 2016 (CETESB, 2018). Observa-se que esse resultado é preponderantemente decorrente da contaminação microbiológica por Coliformes Totais. Os resultados obtidos mostraram concentrações de Nitrato acima do valor de prevenção e padrão de potabilidade, além da presença de Alumínio, Ferro, Manganês, Chumbo, Níquel e Zinco acima de padrão de potabilidade em amostras de 10 pontos do monitoramento. A presença de Nitrato em concentrações superiores ao padrão de potabilidade (10 mg N L^{-1}) foi constatada em sete amostras (1% do total). As concentrações de Crômio ultrapassaram o padrão de potabilidade (50 μg L^{-1}) em 21 amostras (3%) relativas a 14 poços (CETESB, 2018).

Segundo estudos de ZANATTA e COITINHO (2002), a utilização do Aqüífero Guarani no abastecimento público das cidades de médio porte do meio-oeste e oeste catarinense, concluiu que esse aquífero apresenta dominância de água doce e boa potabilidade, porém, pode ocorrer a saturação por elementos químicos prejudiciais à saúde humana, como por exemplo, o flúor. Nanni (2008) sugere que o enriquecimento de fluoreto no SASG decorre da combinação de recarga Hidrogeológica e hidroquímica dos aquíferos fraturados ascendente do Sistema Aquífero Guarani (SAG) em condições de alto confinamento e longo tempo de residência.

No diagnóstico dos recursos hídricos subterrâneos do oeste do Estado de Santa Catarina, realizado pela Comissão Permanente de Recursos Minerais - CPRM (FREITAS *et al*, 2002), e também nos estudos da Agência Nacional de Águas - ANA (2007), os dados de qualidade apresentam grandes discrepâncias. O estudo da ANA (2007) indica variações no total de sólidos dissolvidos de 100 $mg.l^{-1}$ até 650 $mg.l^{-1}$, variando de acordo com a litologia das camadas que o compõe. A alta concentração de sólidos dissolvidos implica em menor grau de potabilidade da água, sendo que a partir de 1000 $mg.l^{-1}$, valor máximo permitido pela Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, (BRASIL, 2017) a água apresenta-se inadequada para uso. Especificamente no oeste do estado de Santa Catarina, o Guarani apresenta restrições à potabilidade, principalmente no tocante ao conteúdo de sólidos totais dissolvidos (média de 521,3 $mg.l^{-1}$), e suas águas, geralmente muito salinas e fortemente sódicas, são inadequadas não só para abastecimento humano e dessedentação animal, como também para a irrigação (MMA, 2007; FREITAS *et al*, 2002).

3 | O USO DA ÁGUA

A água desempenha um papel muito mais importante na vida econômica de um país do que o de representar apenas uma matéria-prima ou insumo essencial. Em primeiro lugar, há de se reconhecer que a água é essencial para a manutenção da vida e do bem-estar dos indivíduos que fazem a economia funcionar. Em segundo lugar, a água é um insumo vital para a agricultura e, consequentemente, garante a segurança alimentar da civilização humana. Em terceiro lugar, a abundância ou escassez da água representa quase que diretamente o mesmo para a produção de energia. Sem água, não há produção de energia. Isto não é válido apenas para a hidreletricidade. As termelétricas, e mesmo as usinas termonucleares não funcionam sem água em abundância (PINTO-COELHO & KARL HAVENS, 2015).

A água é usada na indústria, na agricultura, na higiene pessoal e é indispensável nos processos metabólicos, possibilitando a ocorrência de reações químicas essenciais à vida. Com relação ao destino do recurso hídrico explotado dos poços perfurados no SAG, observa-se que o principal é o abastecimento público. No Brasil, a distribuição do uso da água, apesar de prevalecer o uso público, ocorre de forma mais diversificada. Na Argentina,

os poços registrados são explotados unicamente com fins recreativos. No Uruguai e no Paraguai, a água explotada é utilizada, principalmente, para abastecer os centros urbanos; mais de 90% da água nestes países têm esse destino (OEA, 2009).

A avaliação do uso das águas do SAG indica uma extração da ordem de 1,04 x 10^9 $m^3.ano^{-1}$, com maior intensidade no território brasileiro, responsável por cerca de 90% da extração atual do aquífero, sendo o Estado de São Paulo o principal explotador. Silva e Kirchneim (2011) elaboraram o balanço hídrico estimado de águas subterrâneas em cada bacia hidrográfica de Santa Catarina, a partir do cálculo estimado de rendimento dos poços registrados no SIAGAS e os usos levantados. A situação começa a ficar crítica na bacia do rio Irani, onde há comprometimento de quase 78% da disponibilidade, seguidos pelo Jacutinga e Peperi-Guaçu, que já excedem a capacidade de recarga dos aquíferos. Na bacia do Jacutinga há comprometimento de 130% da disponibilidade, enquanto que na bacia do Peperi-Guaçu, há o comprometimento de 233% da disponibilidade.

3.1 Abastecimento público

No Estado de Santa Catarina, o sistema Aquífero Guarani surge como uma importante alternativa de abastecimento público, especialmente nas cidades de médio porte do meio-oeste e oeste catarinense (ZANATTA e COITINHO, 2002). A perfuração dos poços no Aquífero Guarani é viável, tanto do ponto de vista econômico-financeiro, como também sob o aspecto ambiental, pois a água é de excelente qualidade para abastecimento público, podendo ser a grande alternativa para o abastecimento da maioria da população do oeste e meio oeste catarinense. Os poços perfurados para CASAN (Companhia de Água e Esgoto de Santa Catarina) que se destinam ao abastecimento público captam água somente da Formação Botucatu, fornecendo bons resultados, tanto qualitativos como quantitativamente, pois estão naturalmente protegidos dos agentes de poluição que atingem rios e lagos pelos derrames da formação Serra Geral.

O pH máximo encontrado foi de 9,30 no poço de Seara-SC (alcalinas). Em profundidades maiores, as águas tornam-se alcalinas. Nas áreas onde ocorre a pouca profundidade, o teor de sólidos totais apresenta-se baixo. Nas porções onde as profundidades são maiores, o teor de sólidos totais dissolvidos é alto, chegando a valores em torno de 450 $mg.l^{-1}$; todas as amostras são classificadas como água doce, conforme podem ser observado no diagrama de Sólidos Totais. Todas as amostras apresentaram flúor, valor que não ultrapassou a 0,8 $mg.l^{-1}$, dentro do padrão de potabilidade. Suas águas não são salinas como se imaginava e sim águas de boa qualidade para consumo humano. Em geral, as águas deste aquífero são bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas, sulfatadas ou cloretadas sódicas, de acordo com a classificação das águas conforme os diagramas de Piper, Stiff e sólidos totais dos poços de são Lourenço do Oeste, Maravilha, Seara, Peritiba e Presidente Castelo Branco (ZANATTA e COITINHO, 2002). Nos estudos destes pesquisadores, constatou-se um aumento da capacidade específica em direção ao oeste,

isto é, em direção ao centro da bacia, onde o grau de confinamento aumenta, conforme evidenciado na figura 2.

Os parâmetros da capacidade específica abrangem uma amplitude de 0,17 a 6,28 m³/h/m, com os valores maiores coincidindo com a maior espessura do Guarani.

Poucos poços estão explorados para abastecimento público, a maioria deles é parcialmente penetrante. Poços totalmente penetrantes foram perfurados pela PETROBRAS, com o objetivo de exploração de petróleo e gás nas camadas inferiores da Bacia do Paraná, razão pela qual não foram definidos os principais parâmetros hidráulicos deste aquífero.

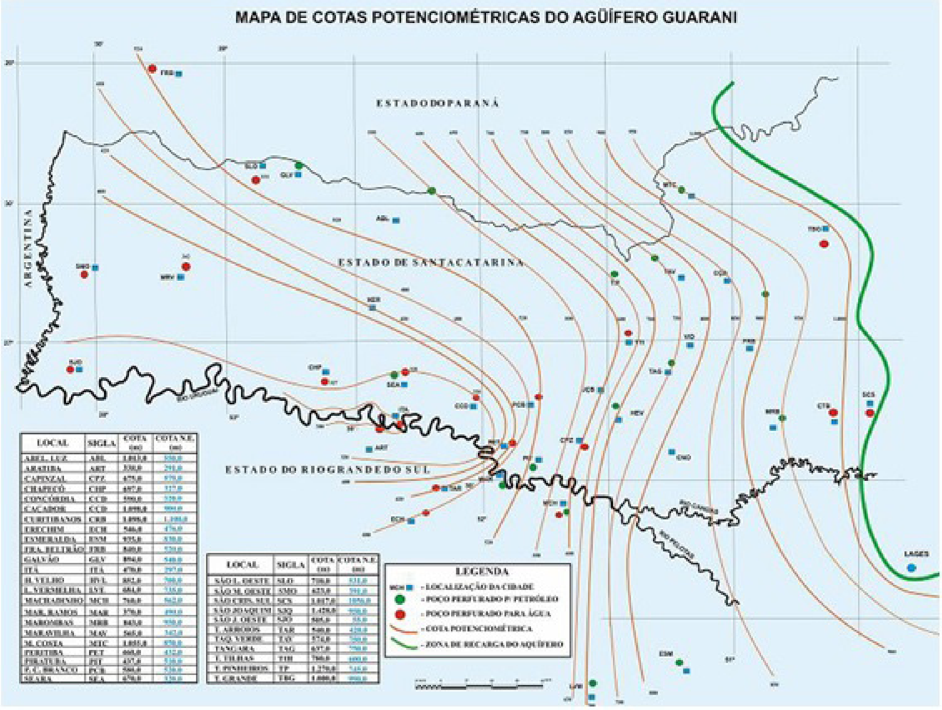


Figura 2 - Mapa de cotas potenciométricas do aquífero guarani

Fonte: (ZANATTA e COITINHO, 2002)

Em alguns poços o maior valor da capacidade específica está geralmente associado à maior espessura do aquífero, bem como, com o seu confinamento hidráulico sob os derrames basálticos, conforme evidenciado na tabela 1.

Município	Coordenadas X	Coordenadas Y	Cota (m)	Esp. SAG (m)	Vazão Q m³/h	Prof. N.E (m)	Prof. N.D (m)	Prof. Poço (m)
Seara*	27º08'29"	52º18'28"	530	108	156	213	266	588
Seara*	27º09'0"	52º18'37"	503	86	62	168	179	560
Concórdia*	27º13'34"	52º18'37"	595	65	130	273	355	697
Joaçaba*	27º11'33"	51º31'02"	635	--------	45	70	---------	383
Concórdia*	26º14'30"	52º02'00"	546	129	80	364	---------	569
Itá* (Balneário)	27º16'42"	52º20'07"	470	426	150	96,5	233	924
Itá*(cidade)	27º17'8"	52º20'16"	398	139	139	107	141	508
S.M.Oeste*	26º40'34"	53º33'44"	523	111	120	207	290	1276
S.M.Oeste*	26º43'54"	53º31'39"	623	870	---------	391	---------	1250
Capinzal*	27º23'03"	51º35'26"	675	120	350	96,5	233	817
Piratuba*	27º25'34"	51º47'02"	437	136	350	+136	+20	718
Curitibanos*	27º16'31"	50º34'51"	981	140	36	0,00	40	-------
Curitibanos*	27º18'41"	50º34'36"	1009	56	40	5,5	53	-------
Maravilha*	26º45'39"	53º10'26"	575	82	120	241	380	1305
Chapecó*	27º11'43"	52º40'00"	697	102	80	347	284	1050
Monte Alegre*	27º18'30"	50º25'10"	1045	66	12	51	140	-------
S.C. do Sul*	27º18'30"	50º25'10"	1045	24	13	107	146	-------
S.C. do Sul*	27º15'48"	50º26'37"	1026	64	27	18	62,8	-------
P. Alta Norte*	27º09"38"	50º28'14"	957	120	52	9,17	97	-------
P. Alta Norte*	27º09'34"	50º28'01"	956	110	36	27	63,2	-------
Timbó Grande*	26º36'13"	50º40'00"	940	50	34	3	24,5	86
São L. Oeste*	26º24'00"	52º53'47"	713	98	120	178	265	1560
P. C. Branco*	27º12'15"	51º48'07"	580	122	150	62	118	702
Peritiba*	27º22'08"	51º53'54"	460	70	150	28,5	90,1	620
Treze Tílias*	26º59'34"	51º24'16"	869	159	95	170	226	750
Machadinho* (RS)	27º35'18"	51º40'06"	760	143	75	197	245	983
Celso Ramos*	27º37'59"	51º20'19"	785	70	--------	220	--------	915
T.Arroio* (RS)	27º30'01"	52º09'04"	540	40	---------	60	-------	523
Aratiba*(RS)	27º16'03"	52º23'07"	338	90	120	47	120	491
Marc. Ramos(RS)*	27º30'09"	51º54'07"	370	147	250	+155	+25	675
Erechim*(RS	27º36'54"	52º09'03"	546	12	55	472	---------	723

Município	Coordenadas		Cota (m)	Esp. SAG (m)	Vazão Q m³/h	Prof. N.E (m)	Prof. N.D (m)	Prof. Poço (m)
	X	Y						
Tangará**	27º04’55”	51º15’02”	638	69	---------	--------	--------	511
Abelardo Luz**	26º27’00”	52º10’53”	1013	139	---------	--------	--------	1360
Galvão**	26º22’57”	52º42’34”	894	502	---------	--------	--------	1706
São Joaquim**	28º16’17”	49º55’00”	1428	101	---------	--------	--------	848
Marombas**	27º19’30”	50º44’15”	843	286	---------	--------	--------	435
Matos Costa**	26º35’25”	51º06’56”	1177	135	--------	824	--------	486
Caçador**	26º51’37”	50º50’25”	1098	139	--------	--------	--------	656
Erval Velho**	27º12’57”	51º27’49”	825	180	---------	--------	--------	789
T. Pinheiros**	26º44’48”	51º29’48”	1270	120	---------	744	--------	864
Seara**	27º08’37”	52º17’54,7”	670	247	---------	--------	--------	889
Machadinho**	27º35’12,5”	51º39’47”	728	105	---------	-------	--------	850

* Os poços assinalados com um asterisco (*) são poços perfurados pela PETROBRAS, ou PAULIPETRO, com a finalidade de exploração de Hidrocarbonetos (petróleo) e que transpassaram a camada do Aquífero Guarani.

** Os poços assinalados com dois asteriscos (**) foram perfurados somente para a exploração de água potável no Aquífero Guarani que se encontram em operação para o abastecimento de cidades e/ou balneários.

Tabela 1 – Dados Hidrogeológicos dos Poços Perfurados em Santa Catarina e Norte do Rio Grande do Sul até 2013

Fonte: adaptado de ANDRADE, C. A. (2013)[1]

3.2 Agricultura e pecuária

A água - assim como a agricultura e a pecuária -, é fundamental para existência de vida no planeta. Por serem de extrema importância, a água e a produção de alimentos têm intensos vínculos: não há produção sem água em quantidade e com qualidade, do mesmo modo que não há um substituto para água. Portanto, se pode falar de agrohidronegócio, no qual se capta a água em seu estado líquido e a transforma em produtos, sejam eles na forma líquida (leite, sucos etc.) ou sólida (soja, milho, carnes etc.). O Brasil, em comparação com outros países e com os principais produtores de commodities agropecuárias, tem uma condição de conforto hídrico, mas que não é infinito e cuja manutenção depende das ações de hoje para garantir as produções de amanhã (PALHARES, 2016).

1 Levantamento realizado pelo geólogo Carlos Augusto Andrade, como parte de uma consultoria contratada pelo Prefeitura Municipal de Ipumirim-SC; dados não publicados.

No setor agropecuário, o Brasil destaca-se mundialmente como líder na produção de aves, suínos e bovinos (CARVALHO; ZEN, 2017; IBGE, 2017). Por ser uma das atividades econômicas que mais geram lucros para o país, há preocupação ambiental em torno da criação de animais para a pecuária, pois se tem elevado consumo de recursos hídricos, bem como um volume significativo de dejetos são gerados durante a produção (FRAIHA, 2006).

A utilização de recursos hídricos vai além da dessedentação animal, inclui-se também a água na higiene, controle térmico do ambiente e limpeza das instalações (FRAIHA, 2006). Um exemplo que pode ser observado como grande consumo de água na pecuária, é na suinocultura, conforme Bertoncini (2008); entre a dessedentação e a lavagem das baias são gastos 45 litros de água por animal/dia, e o consumo de água de um bovino de corte chega a 0,10 $L.kg^{-1}$ de peso vivo (FRAIHA, 2006).

A degradação das águas superficiais pelas atividades agroindustriais, agricultura intensiva e efluentes domésticos, em conjunto com as frequentes estiagens na região Oeste de Santa Catarina, deram início a uma crescente busca das águas subterrâneas, muitas vezes incentivadas por políticas públicas estaduais e federais (CPRM, 2002). Para ZANATTA e COITINHO (2002), os usos predominantes nesta região são o industrial, no qual se incluem as agroindústrias, fortemente presentes na região, e a dessedentação animal. Também a relação produção animal e qualidade da água tem despertado a preocupação da sociedade. Na região Sul do Brasil essa discussão é histórica, principalmente, devido à elevada densidade animal (suínos, aves de corte e bovinos de leite) por área. Segundo Testa *et al*, (1996), a partir da década de 1980 as diversas mudanças no perfil técnico produtivo da cadeia suinícola provocaram uma forte redução nas margens de lucro da atividade; logo, os produtores viram-se obrigados a aumentar a escala de seus plantéis, gerando desequilíbrio no balanço entre a capacidade interna de produção de grãos e a necessidade de consumo dos animais. De acordo com Miranda *et al* (2013), a intensificação da produção provocou uma forte pressão sobre os recursos naturais, principalmente sobre a água, haja vista que não existe área suficiente para deposição dos dejetos. Esse problema torna-se mais dramático quando consideramos a enorme concentração espacial da atividade que ocorre em algumas regiões, como é o caso da região do Alto Uruguai Catarinense. Comassetto, *et al*, (2015) constataram, em um diagnóstico das águas subterrâneas do Aquífero Serra Geral, na bacia do Rio Jacutinga e contíguos, que, de 2.477 poços perfurados,1.531 poços estão em operação, 698 são usados exclusivamente para o consumo humano (45,6%), 744 (48,6%) para uso humano e animal, e 41 (2,7%) para uso industrial. Percebe-se que a maior parte da água dos poços tubulares profundos é usada para o consumo humano, seguido do consumo animal e industrial, evidenciando o uso múltiplo das águas subterrâneas. Como já discutido anteriormente, este cenário pode ser explicado pela prevalência de atividades agroindustriais na região, principalmente relacionadas à produção animal (suínos, aves e leite) em larga escala, a qual demanda grande quantidade diária de água de boa qualidade.

Além disso, os períodos de estiagem que ocorrem na região, associados aos níveis de contaminação da água superficial, levam muitos produtores a optar pela perfuração de poços profundos, que, de modo geral, garantem a sustentabilidade hídrica das propriedades rurais. Portanto, há um grande número de famílias que dependem da água subterrânea para o abastecimento humano e para a dessedentação de animais no meio rural, principalmente na produção de suínos, aves e de leite.

3.3 Águas termais, Turismo e Lazer

Desde os primórdios da Grécia antiga o homem acredita que alguns elementos da natureza carregam consigo o poder de cura. Sejam algumas pedras, plantas e as águas. Ao longo dos anos, o poder da cura pela água foi ganhando forças e se tornou um atrativo turístico. Cada local e tipo de água promovem um benefício diferente. O enxofre, por exemplo, ajuda as células a se renovarem mais rapidamente, além de combater os microorganismos e as infecções. O lítio age como hidratante, e o silício é um potente reestruturante das camadas mais profundas da pele, conferindo firmeza e prevenindo o envelhecimento (BRASIL, 2018).

Estudos apontam as propriedades terapêuticas da água termal, mas buscou-se um fator de desenvolvimento econômico.

Sabe-se que o turismo é uma atividade econômica geradora de divisas e distribuidora de rendas, que gera milhares de empregos em todo o mundo, melhora a qualidade de vida e que, por sua interdependência, beneficia todos os setores econômicos, preservando o patrimônio cultural e natural (GONÇALVES, 2015).

No Brasil, as águas de São Paulo, Poços de Caldas e Caldas Novas-MG são as mais famosas e suas propriedades ajudam a movimentar o turismo nas cidades. A cidade de Águas de Lindóia-SP, é considerada uma das capitais termais do Brasil; as águas saem do solo a 28ºC e estão presentes em piscinas de água mineral, que também oferecem serviços terapêuticos, duchas escocesas e hidromassagem. Ainda em São Paulo, em Olímpia, a cidade se destaca pelo parque Thermas dos Laranjais, com 20 piscinas térmicas, incluindo toboáguas, ondas, rio com correnteza e praia artificial. A quase mil metros de profundidade, as águas termais foram descobertas na década de 50, numa expedição em busca por petróleo. Em Minas Gerais, os hotéis em Poços de Caldas, recebem visitantes de todo o país em busca de suas águas terapêuticas. O Thermas Antônio Carlos oferece diversos serviços com águas de propriedades medicinais. Hidroterapia, banhos, duchas, saunas, mecanoterápicos, entre outros; são algumas das opções oferecidas dentro de um edifício neoclássico. Outra opção é o Balneário, fundado em 1896, onde há banhos de imersão, com água a 37ºC. A cidade de Araxá também é famosa pelas suas águas, mas elas ficam restritas ao hotel, com serviços abertos a não-hóspedes. Tratamentos, banheiras e piscinas de águas termais fazem parte da hospedagem.

O Rio Quente, em Caldas Novas-Goiás, é talvez um dos mais procurados. A cidade abriga o único rio de águas quentes do mundo, com temperaturas que variam entre 26ºC e 47ºC. *Resorts* com piscinas naturais, praias artificiais e parque de águas quentes são as grandes atrações de uma das maiores estâncias hidrotermais do mundo. No Rio de Janeiro, o destaque é para a cidade de Raposo. No município, há dois parques de águas minerais "curativas", o Parque das Águas Soledade e o Fontanário Raposo. O primeiro é composto por água magnesiana, indicada em tratamentos de doenças hepato-biliares, renais, pancreáticas, dispepsias e gastrites. Já o segundo, este possui três diferentes águas carbogasosas, de cor e sabor diferenciados entre si.

Dos 13 estados brasileiros que possuem água termal, Santa Catarina é o com maior concentração de água termal naturalmente aquecida, porém, o recurso ainda vem sendo utilizado apenas no aspecto de lazer, ficando de lado o potencial que tem no processo curativo. Santa Catarina é o estado brasileiro com maior número de fontes hidrotermais, aproveitadas em 28 cidades, segundo informações da Associação de Turismo Hidrotermal de Santa Catarina. A temperatura varia, em média, entre 32ºC e 39ºC. As estâncias estão distribuídas por todo o território catarinense. A região Oeste é onde está localizado o maior número de estâncias hidrotermais utilizadas principalmente para o turismo do bem-estar (SEVERINO, 2019).

Criado para promover o turismo na região, unindo iniciativa pública e privada, a nova região turística Vale das Águas é composta por 26 municípios localizados na parte Oeste do estado. Destes, 11 já foram incluídos no Mapa do Turismo Brasileiro, organizado pelo Ministério do Turismo, e, como o próprio nome já define, a água é o principal elemento presente nos atrativos turísticos da região. No oeste de Santa Catarina, as cidades que possuem estâncias são Piratuba, Itá, Treze Tílias, Fraiburgo, Ouro, São João do Oeste, Águas de Chapecó, São Carlos - com o Pratas Thermas *Resort* -, Palmitos e Quilombo (SEVERINO, 2019). Em São João do Oeste, o parque Termas São João oferece piscinas para adultos e crianças com águas termais que vêm de um poço de 1.372 metros de profundidade e são as mais quentes conhecidas no Sul do Brasil - 52ºC na boca do poço -. Treze Tílias, cidade fundada por imigrantes austríacos, além das termas, o passeio pela cidade inclui uma viagem pela arquitetura característica. A rede hoteleira oferece 695 leitos. Em Itá - a cidade foi reconstruída após a implantação de uma usina hidrelétrica; o complexo hidrotermal é formado por um hotel e um parque, o Thermas Itá. A estrutura inclui 16 piscinas, externas e cobertas. Já a rede hoteleira, esta possui 995 leitos, além de restaurantes e área de *camping*, trapiche e atracadouro para embarcações, além de trilhas para caminhadas por um parque com viveiros de aves silvestres.

O famoso Balneário de Piratuba-SC tem seu início em 1964. Naquele ano, a Petrobras, buscando explorar as terras catarinenses e buscando petróleo no município, acabou perfurando um poço, o qual atingiu 2.271 metros. No local foi encontrado um lençol de águas sulfurosas a 674 metros de profundidade, aflorando com uma temperatura de

38,6ºC, em torno do qual surgiu o Balneário de Águas Termais. A exploração da água termal é de responsabilidade da Companhia Hidromineral de Piratuba, conhecida como Termas de Piratuba. A empresa é uma Sociedade de Economia Mista - criada em março de 1975, por autorização do Governo do Estado, pelo Decreto Estadual Nº. 696, de 27/07/1974, que foi municipalizada pelo Decreto Estadual Nº. 1837, de 19/05/1997. Com o passar dos anos, a Companhia Hidromineral foi criando um belo e estruturado parque de piscinas que atrai turistas não só do Brasil, mas de todo Mercosul. Um segundo complexo foi edificado e hoje é possível desfrutar de piscinas ao ar livre, ou fechadas, infantis ou adultas, chuveiros ou banheiras, tobogãs ou hidromassagens. Área verde, *camping*, quadras esportivas e *boulevard*, amplo estacionamento próprio para carros pequenos ou *trailers* completam o Parque Termal. A rede hoteleira possui 2,5 mil leitos. Já a estância hidrotermal, se destaca pelo jato de água com cerca de 30 metros de altura, com temperatura de 38,6ºC. O parque inclui piscinas e parques aquáticos com banheiras e duchas individuais, além de espaços para lodoterapia, massoterapia, hidroginástica e outras atividades recreativas e terapêuticas (SANTA CATARINA, 2012).

Fazendo com que a cidade siga com sua principal vocação - o turismo -, o município com pouco mais de 5 mil habitantes abriga um Parque Termal de qualidades terapêuticas conhecido em toda região Sul do país e que já ultrapassou fronteiras, encantando os turistas vizinhos do Mercosul. Mas a preocupação vai além de atrair e encantar turistas, está também na sustentabilidade. Apesar da abundância da fonte natural, a Administração da Companhia Hidromineral promoveu economia de água nos últimos anos. Os estudos para manter qualidade e gerar economia foram iniciados em 2003. Para se ter uma ideia, o consumo de água termal em 2016 foi de 564.343.000 de litros, enquanto que em 2017 foram consumidos 547.290.000 litros, o que representou uma economia no ano de mais de 17 milhões de litros, ou seja, mais de 3% de economia com relação ao consumo que existiu no ano anterior (TERMAS, 2018).

No Sul, as cidades de Tubarão, Gravatal, Santa Rosa de Lima e Armazém são destaques. Na Grande Florianópolis, está um dos locais mais famosos de Santa Catarina relacionado às águas termais. É a cidade de Santo Amaro da Imperatriz, e segundo informações divulgadas pela Associação de Turismo Hidrotermal de Santa Catarina, a cidade possui a segunda melhor fonte de água termal do mundo em qualidade, precedida apenas pela de Vicky, na França. Caldas da Imperatriz é a primeira estância hidromineral do Brasil, descoberta em 1813. O nome da cidade, inclusive, se deve à visita do casal imperial, Dom Pedro II e a Imperatriz Tereza Cristina, em 1845 (QUINTELA, 2004). A cidade tem diversos hotéis, com capacidade total de 740 leitos. Próximo de Santo Amaro da Imperatriz, a região conta também com as estâncias de Águas Mornas e Antônio Carlos.

Na Serra, destaque para Bom Jardim da Serra, Bom Retiro, Lages, São Joaquim, Urubici e Urupema. Já no Vale do Itajaí, os visitantes podem encontrar águas termais em Timbó, Doutor Pedrinho, Rio dos Cedros, Rodeio, Pomerode e Benedito Novo (VALENTINI, 2014).

O sentido principal de fluxo das águas termais subterrâneas no Estado de Santa Catarina é de este para oeste e de nordeste para sudoeste (E-W e NE-SW). No sul do estado, o fluxo das águas subterrâneas se dá em direção ao Oceano Atlântico. A temperatura das águas tende a aumentar gradativamente das áreas de recarga em direção à calha da bacia, em função do grau geotérmico natural, aproximadamente de 1°C/35m. Medidas de temperatura em áreas aflorantes indicam valores em torno de 22°C, aumentando em direção ao oeste catarinense, onde podem ultrapassar os 58°C, em áreas confinadas, conforme as últimas perfurações realizadas no oeste catarinense. As surgências de águas termo-minerais que ocorrem próximo ao Rio Uruguai, em áreas de afloramento de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral situam-se em cotas inferiores a 400m, evidenciam áreas de descarga do Guarani. Por outro lado, em algumas áreas na região Oeste, próximo ao Rio Uruguai, pode sofrer interferência de águas provenientes do Aquífero Serra Geral, devido à infiltração através das fraturas, como acontece com o poço de Itá, onde a temperatura não chega a 30°C (ZANATTA e COITINHO, 2002).

De acordo com a Santur, Secretaria de Turismo de Santa Catarina, durante a temporada de verão muitos turistas deixam o litoral - onde moram -, e vão para os balneários, responsáveis pelo crescimento significativo do turismo em diversas regiões.

O turismo tem efeito direto e indireto na economia de uma localidade ou região. Os efeitos diretos são os resultados das despesas realizadas pelos turistas dentro dos próprios equipamentos e de apoio, pelos quais o turista paga diretamente. Os efeitos indiretos do turismo são resultantes da despesa efetuada pelos equipamentos e prestadores de serviços turísticos na compra de bens e serviços de outro tipo. Trata-se de um dinheiro que foi trazido pelo turista, mas que será gasto por outrem que o receberá do turista em primeira mão. Numa terceira etapa de circulação do dinheiro do turista estão os efeitos induzidos, que são constituídos pelas despesas realizadas por aqueles que receberam o dinheiro dos prestadores dos serviços turísticos e similares (BARRETO, 1995).

Os governos interessados em promover o desenvolvimento regional e local têm realizado investimentos no turismo, pois ele tornou-se uma grande alternativa de política econômica. O setor público é afetado pela realização de obras, no incremento do comércio em geral, especialmente os ligados aos produtos típicos (BARBOSA, 2005). Dessa forma, é necessário que os sistemas de abastecimento de água, de tratamento de efluentes, de transportes coletivo e privado, e de infraestrutura urbana operem de forma eficiente, garantindo o atendimento adequado à população e ao turista.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Qualquer atividade humana requer o uso de água, seja para produzir alimentos, dessedentação de animais, processos industriais, tratamento de efluentes, construção civil, lazer, entre outros, sendo que alguns usos da água requerem padrões de potabilidade

mínimos. Infelizmente, água superficial de boa qualidade não está disponível em quantidade suficiente para atender à demanda hídrica, fazendo com que o homem passe a explorar as reservas subterrâneas.

O sistema Aquífero Guarani surge como uma importante alternativa de abastecimento público, especialmente nas cidades de médio porte do meio-oeste e oeste catarinense. A perfuração dos poços no Aquífero Guarani é viável do ponto de vista econômico-financeiro, e a água é de excelente qualidade para abastecimento público, podendo ser a grande alternativa para abastecimento da maioria da população catarinense.

Santa Catarina é o estado brasileiro com maior concentração de água termal naturalmente aquecida, porém, o recurso ainda vem sendo utilizado apenas no aspecto de lazer, ficando de lado o potencial que tem no processo curativo. Os governos interessados em promover o desenvolvimento regional e local têm que realizar investimentos no turismo, pois este tornou-se uma grande alternativa de política econômica.

Dissertar sobre as potencialidades do aquífero guarani não tem por objetivo incentivar a população a um uso indiscriminado desse recurso, bem pelo contrário, deseja-se fazer um alerta para que o mesmo seja preservado. As ações de fiscalização dos órgãos ambientais e de gestão dos recursos hídricos devem ser efetivas, permitindo a adequada concessão das licenças e das outorgas de uso dos poços, orientando e exigindo as boas práticas e técnicas de perfuração e revestimento, diminuindo assim os riscos com relação à contaminação do aquífero.

As águas subterrâneas são reservas futuras, vitais para a condição de vida na Terra, e o uso sustentável desse recurso requer um esforço conjunto do poder público, usuários, sociedade civil e, principalmente, dos órgãos gestores, poder judiciário e ministério público, com vistas a resguardar o direito das presentes e futuras gerações ao acesso à água.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil.** 2018.

BARBOSA, F. F. **O turismo como um fator de desenvolvimento local e/ou regional/Tourism as a local and/or regional development factor**. Caminhos de Geografia, v. 10, n. 14, p. 107-114, 2005.

BARRETO, Margarita. **Manual de iniciação ao estudo do turismo**. Campinas: Papirus, 1995.

BRASIL se destaca no turismo de águas termais. Leia Já, 26 fev. 2018. Disponível em: <https://www.leiaja.com/noticias/2018/02/26/brasil-se-destaca-no-turismo-de-aguas-termais/>Acesso em: 28 jul.2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de Consolidação nº 5/GM/MS**, de 2 de setembro de 2017. Diário Oficial da União, República Federativa do Brasil, Suplemento ao nº 190. Brasília - DF, 03.10.17. Páginas 443 a 449. Acesso em 11.12.2017.

BUREK, P.; SATOH, Y.; FISCHER, G.; KAHIL, M. T.; SCHERZER, A.; TRAMBEREND, S.; NAVA, L. F.; WADA, Y.; EISNER, S.; FLÖRKE, M.; HANASAKI, N.; MAGNUSZEWSKI, P.; COSGROVE, B. and WIBERG, D. (2016). **Water Futures and Solution: Fast Track Initiative (Final Report).** IIASA Working Paper. Laxenburg, Austria, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). pure.iiasa.ac.at/13008/.

CARVALHO, T. B.; ZEN, S. **A cadeia de Pecuária de Corte no Brasil: evolução e tendências.** Revista Ipecege, v. 3, p.85-99, 2017.

CETESB (São Paulo) **Qualidade das águas subterrâneas no estado de São Paulo [recurso eletrônico] : boletim 2017 / CETESB**; Equipe técnica Rosângela Pacini Modesto ... [et al.]. – São Paulo : CETESB, 2018.Disponível e m: ISBN 978-85-9467-063-2 https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/wpcontent/uploads/sites/13/2018/06/Qualidade-das-%C3%81guas-Subterr%C3%A2neas-no-Estado-de-S%C3%A3o-Paulo-Boletim-2017>

COMASSETTO, Vilmar; MATTHIENSEN, Alexandre; ALVES, Jonatas; *et al.* DIAGNÓSTICO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA BACIA DO RIO. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28279/18392>.Acesso em: 29 jul. 2019.

FRAIHA, M. **Consumo hídrico em produção animal intensiva.** In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13, 2006, Bauru. Anais Bauru: Simpep. p. 1 - 9. Disponível em: . Acesso em: 27 jan. 2019.

FREITAS , MARCOS (Org.). **Diagnóstico dos recursos hídricos subterrâneos do oeste do Estado de Santa Catarina — Projeto Oeste de Santa Catarina.** Organizado por Marcos A. de Freitas; Bráulio R. Caye; José L.F. Machado. Porto Alegre: CPRM/SDMSC/SDA-SC/EPAGRI. 2002. 110 p.

FREITAS, M.J.C.C.; OLIVEIRA, F.H. (Orgs.): **Estiagem no Oeste Catarinense: diagnóstico e resiliência (Relatório Técnico-científico)** – Florianópolis, 2017. 268p.

GERBER, Leda Maria Dummer. **Outorga do Direito de Uso da Água.** Disponível em:http://www.comiteibicui.com.br/artigos/Outorga%20de%20Direito%20e%20Uso%20da%20Agua.pdf> Acesso em 29 jul. 2019.

GONÇALVES, Izani Machado Parreira. **Impactos Ambientais, Econômicos e Sociais decorrentes da atividade turística na cidade de Caldas Novas/GO**. 2015. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/45804/impactos-ambientais-economicos-e-sociais-decorrentes-da-atividade-turistica-na-cidade-de-caldas-novas-go> Acesso em 29 mai. 2019.

MIRANDA C.R. et al. **Gestão ambiental na suinocultura: a experiência do termo de ajustamento de conduta (TAC) do Alto Uruguai Catarinense.** In:______ (Eds.). Suinocultura no Alto Uruguai Catarinense: uma década de avanços ambientais. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 111-130.

NANNI, A.S. **O Flúor em águas do Sistema Aqüífero Serra Geral no Rio Grande do Sul: origem e condicionamento geológico. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.** Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Porto Alegre, RS - BR, 2008. [127 f.]. il.

OEA (Organização dos Estados Americano). **Aquífero Guarani: programa estratégico de ação. Relatório do Projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guarani.** Edição bilíngüe – Brasil; Argentina; Paraguai; Uruguai: janeiro 2009. 412 p.

PALHARES, J. C. P.; **Produção animal e recursos hídricos** / Julio Cesar Pascale Palhares (organizador). – São Carlos: Editora Cubo,v.1, 2016.183 p. ISBN 978-85-60064-67-0

PINTO-COELHO, R.M. HAVENS, K. **Crise nas águas: educação, ciência e governança juntas evitando conflitos gerados por escassez e perda da qualidade das águas.** Belo Horizonte:(s.n.), 2015.

PORTELA Filho, C.V.; FERREIRA, F.J.F.; ROSA Filho, E.F.; ROSTIROLLA, S.P. **Compartimentação magnética-estrutural do sistema aqüífero Serra Geral e sua conectividade com o Sistema Aqüífero Guarani na região central do Arco de Ponta Grossa (Bacia do Paraná).** Rev. Bras. Geociências. 35(3):369-381, 2005.

QUINTELA, M. M. **Thermal knowledge and therapies: a comparative view of Portugal (São Pedro do Sul hot springs) and Brazil (Caldas da Imperatriz hot springs).** História, Ciências, Saúde. Manguinhos, vol. 11 (supplement 1): 239-60, 2004.

REBOUÇAS, A.C. **Água e desenvolvimento rural.** *Estud. av.* [conectados]. 2001, vol.15, n.43, pp.327-344. ISSN 0103-4014. http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142001000300024.

SANTA CATARINA tem estâncias de águas termais em todas as regiões. www.g1.com, 22 jan. 2014. Disponível em: <http://g1.globo.com/sc/santa-catarina/verao/2014/noticia/2014/01/santa-catarina-tem-estancias-de-aguas-termais-em-todas-regioes.html> Acesso em 28 jul. 2019

SCHEIBE, L. F.; FURTADO, S. M. A. **Proposta de Alinhamentos Estruturais Para Um Esboço Geotectônico de Santa Catarina.** REVISTA GEOSUL, v. 4, n. 8, p. 78-91, 1989. Disponível em: http://www.laam.cfh.ufsc.br/pdfpronto/o.pdf.

SEVERINO, J. **Oeste de SC tem a maior oferta de água termal do Sul do Brasil**. Disponível em: <http://turismoonline.net.br/oeste-de-sc-tem-a-maior-oferta-de-agua-termal-do-sul-do-brasil/.> Acesso em: 28 jul. 2019.

SILVA, Diogo R. A. da; KIRCHHEIM, Roberto E. **Informações Hidrogeológicas do Estado de SC.** In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2011, Maceió. Anais... Maceió: ABRH, 2011, p. 1-18.

TERMAS de Piratuba Promove Medidas Sustentáveis e Economia de Água. 05 mar. 2018. Disponível em: <https://www.termaspiratuba.com.br/noticia/14/termas-de-piratuba-promove-medidas-sustentaveis-e-economia-de-agua> Acesso em 28 jul. 2019.

TESTA, V.M. et al. O desenvolvimento sustentável do Oeste Catarinense: proposta para a discussão. Florianópolis: EPAGRI, 1996. 246 p.

VALENTINI, Géssica. **Santa Catarina tem estâncias de águas termais em todas as regiões**. G1, 22 jan. 2014. Disponível em:<http://g1.globo.com/sc/santa-catarina/verao/2014/noticia/2014/01/santa-catarina-tem-estancias-de-aguas-termais-em-todas-regioes.html> Acesso em: 29 jul. 2019.

ZANATTA, L. C.; COITINHO, J. B. L. **Utilização de poços profundos no Aquífero Guarani para abastecimento público em Santa Catarina**. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2002, Florianópolis. Anais... São Paulo: Abas, 2002, p. 01-16.

CAPÍTULO 13

CONFLITOS TERRITORIAIS EM BACIAS URBANAS: ESTUDO DE CASO DA BACIA DO SÃO FRANCISCO NA FRONTEIRA BRASIL/COLÔMBIA E PERU

Data de aceite: 01/04/2021
Data de submissão: 08/03/2021

Ercivan Gomes de Oliveira
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM/DEBT
Manaus – Amazonas
https://orcid.org/0000-0003-0897-4355

Adorea Rebello da Cunha Albuquerque
Universidade Federal do Amazonas – UFAM/ Departamento de Geografia
Manaus – Amazonas
http://lattes.cnpq.br/3916324527868398

Manoel Góes dos Santos
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM/DEPE
Tabatinga – Amazonas
http://lattes.cnpq.br/1132543063303268

Jefferson Rodrigues de Quadros
Universidade do Estado do Amazonas – UEA/ Departamento de Direito
Tabatinga - Amazonas
http://lattes.cnpq.br/3524464256392764

RESUMO: A bacia do São Francisco localizada na cidade de Tabatinga no Brasil, na faixa de fronteira com a cidade de Letícia na Colômbia e da Ilha de Santa Rosa no Peru — região também conhecida como “Quebrada Santo Antônio” — explicita uma paisagem de diversos conflitos territoriais, que por sua vez, remetem-se aos graves tipos de impactos socioambientais. A ocupação irregular de brasileiros, colombianos e peruanos residindo nas Áreas de Preservação Permanente – APP nessa bacia, estabelece os conflitos de ocupação e uso do solo nestas cidades. As consequências deste processo são a degradação do espaço urbano, da qualidade da água e das condições de vida precárias em que vivem os moradores. Durante os levantamentos de campo desse trabalho, foi possível constatar que os efluentes domésticos, comerciais e, os resíduos sólidos lançados nos canais de drenagem são os principais causadores da degradação ambiental.
PALAVRAS-CHAVE: Bacia transfronteiriça, Impactos socioambientais, Água.

ABSTRACT: The São Francisco basin located in the city of Tabatinga in Brazil, on the border strip with the city of Leticia in Colombia and the Island of Santa Rosa in Peru — a region also known as “Quebrada Santo Antônio” — explains a landscape of several territorial conflicts, which in turn refer to the serious types of socio-environmental impacts. The irregular occupation of Brazilians, Colombians and Peruvians residing in the Permanent Preservation Areas – APP in this basin establishes the conflicts of occupation and land use in these cities. The consequences of this process are the degradation of urban space, water quality and the precarious living conditions in which residents live. During the field surveys of this work, it was possible to verify that domestic, commercial effluents and solid waste swelled into drainage channels are the main causes of environmental degradation.
KEYWORDS: Transboundary Basin,

Socioenvironmental Impacts, Water.

1 I INTRODUÇÃO

A água é um bem fundamental para as diversas atividades da sociedade contemporânea. As cidades amazônicas são densamente drenadas por pequenos rios ou canais de drenagem, paisagem comum nesta região devido à grande quantidade de rios que compõem a maior bacia hidrográfica do mundo a bacia Amazônica.

Os graves problemas de infraestrutura e saneamento básico nas cidades do Amazonas e, a ocupação de áreas de risco natural constituem um dos principais indutores dos impactos socioambientais nas áreas urbanas. A ausente ou ineficiente infraestrutura resulta no despejo direto das águas residuais sem tratamento, nos rios urbanos, o que tem acarretado a poluição e consequentemente doenças de veiculação hídrica, assim como, na qualidade da água utilizada pela população.

As bacias hidrográficas são um dos elementos naturais que representa o processo de gestão e planejamento de ocupação e uso do solo urbano nas cidades brasileiras conforme preconizado pela Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH, Lei 9.433/97. A bacia do São Francisco localizada na cidade de Tabatinga no Brasil na faixa de fronteira com a cidade de Letícia na Colômbia e da Ilha de Santa Rosa no Peru, também conhecida como “quebrada Santo Antônio” explicita os conflitos territoriais por meio dos impactos socioambientais, conforme figura 1.

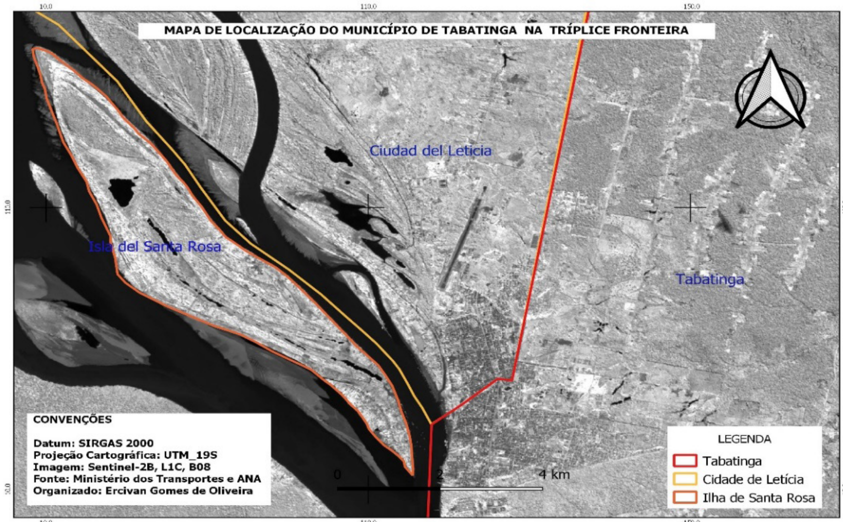


Figura 1. Mapa de localização do município de Tabatinga na tríplice fronteira.

As políticas públicas do Brasil e da Colômbia de gestão da água nas cidades de Tabatinga e Letícia são ainda incipientes ou inexistentes quanto à aplicação e fiscalização da legislação vigente. Esses fatores têm propiciado impactos ambientais nos igarapés destas cidades de modo acentuado nos últimos anos. Além disso, essas cidades concentram administrativa e economicamente muitos municípios no seu entorno que dependem do setor de serviços públicos e comerciais desta região, que tem de forma direta e indireta fomentado um crescimento populacional na última década de modo significativo.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi identificar os impactos ambientais na bacia do São Francisco, pois faz-se iminente a gestão territorial destes espaços nas cidades de fronteira de forma compartilhada, uma vez que, os impactos ambientais são visíveis nas bacias urbanas das cidades de Tabatinga e Letícia.

2 I DESENVOLVIMENTO

Foi possível identificar no desenvolvimento deste estudo que ao longo dos anos, as cidades de Tabatinga, Letícia e a ilha de Santa Rosa no território peruano são estrátegicas neste região, pois, concentram a maioria das representações político-administrativas e os fluxos de capital. Tais constatações devem-se à concentração de serviços e de pessoas nessas áreas, além da circulação e transporte de mercadorias e bens na fronteira, todavia, a ausência de planejamento e infraestrutura urbana, têm levado à degradação do espaço urbano de modo significativo. Neste contexto, na figura 2 está a localiazação geográfica da bacia São Francisco e, dos pontos de coleta e análise da qualidade da água realizados duante a pesquisa.

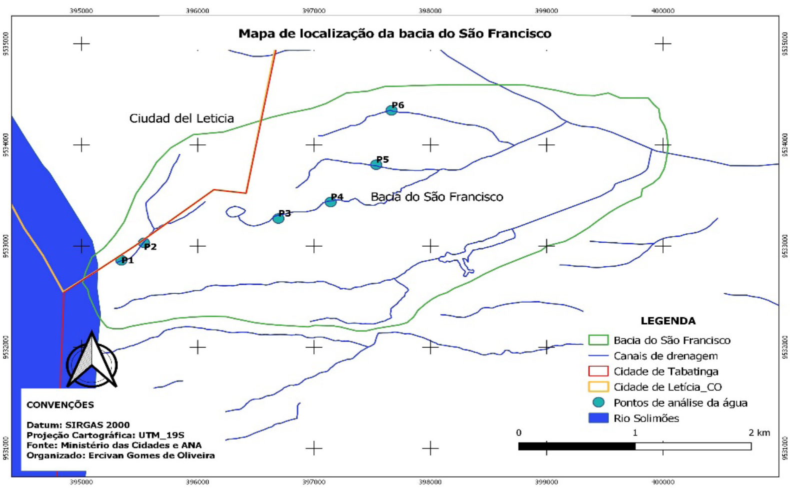


Figura 2. Mapa de localização da bacia do São Francisco.

A metodologia utilizada para caracterizar o fenômeno foi o conceito de bacia hidrográfica como unidade de planejamento ambiental que, considera os aspectos naturais, sociais e econômicos integrados agindo de forma dinâmica, no contexto do território. Segundo Santos (2011) definir qualquer parte do território requer levar em consideração as relações interdependentes entre a materialidade da ação humana e, seus usos que estão inseridos na natureza.

Neste contexto, as bacias hidrográficas constituem ecossistemas de avaliação dos impactos causados pela atividade antrópica, que acarretam riscos ao equilíbrio e à manutenção da quantidade e a qualidade da água, variáveis relacionadas com o uso e ocupação do solo. Sendo assim, o estudo das bacias hidrográficas e o planejamento e gestão das águas transfronteiriças têm a função de (re)ordenamento do território em áreas urbanas.

Os resíduos solidos e a poluição dos igarapés são o *locus* visível dessa forma de degradação. Na tabela 1 abaixo estão a descrição dos pontos de P1 a P6 de análise da qualidade da água médios do potencial hidrogeniônico - pH, condutividade elétrica - CE e oxigênio dissolvido - OD e, os usos do solo de montantae a jusante na bacia do São Francisco realizados no período sazonal de cheia e seca no segundo semestre de 2018 e no primeiro semestre de 2019.

Pontos de coleta e análise da água	pH	CE	OD	Tipos de uso do solo
P1	6.55	1.214	3,5	Predomina o uso residencial de Palafitas no leito do igarapé
P2	6.71	287	3,45	Uso residencial e comercial. As casas e comércios estão parcialmente em APP de encosta e de drenagem
P3	6.81	1.238	0,98	Residencial e Industrial (Olaria)
P4	7.09	702	2,96	Residencial
P5	7.11	639	2,26	Residencial e comercial (armazéns e matadouro municipal)
P6	7.10	218	2,48	Residencial e pequenas áreas de produção de gado

Tabela 1. Pontos de análise da qualidade da água e tipos de uso do solo

O processo de ocupação urbana a montante desta bacia sem infraestrutura de saneamento das águas servidas e obras de drenagem pluvial e fluvial contribuem de forma direta para degradação dos canais de drenagem. À jusante a concentração de comércios e moradias nas áreas de preservação permanente - APP tem acarretado na poluição da água devido principalmente ao lançamento de resíduos sólidos e efluentes.

No médio curso da bacia observamos uma tendência à expansão comercial e

industrial, como é o caso de uma indústria Oleira no bairro de Santa Rosa. A ausente fiscalização e monitoramento dessas atividades acarretam impactos na qualidade da água.

Segundo Tovar (2008) a ocupação urbana nas cidades de Tabatinga e Letícia se distribuí espacialmente da seguinte forma: as áreas mais altas (terra firme) são ocupadas pelas moradias formais e, nas áreas baixas (várzeas) as moradias informais predominam, neste último caso, fomenta-se uma forma de urbanização em grande escala de moradias, porém com condições de infraestrutura e saneamento precárias à população mais pobre.

O reflexo de ocupação nas áreas baixas entre essas duas cidades, pode ser observado nas APP, e no leito do canal de drenagem conhecido regionalmente como, “Quebrada Santo Antônio”, onde está inserida a comunidade Guadalupe entre os bairros de São Francisco do lado brasileiro e no bairro Unión do lado colombiano, conforme mostra a figura 3.



Figura 3. Leito do canal de drenagem ocupado por moradias na Bacia do São Francisco.

Fonte: Foto retirada por Veículo Aéreo não Tripulado-VANT, 2019.

Os resultados desse processo de ocupação e uso do solo urbano nessas três cidades, atrelado à ocupação irregular de APP consideradas como zonas de risco natural, indicam que já é possível verificar a degradação do solo, dos mananciais hídricos e, consequentemente a qualidade de vida dos moradores. Pode-se constatar também que a rede hidrográfica local está sendo degradada apesar das 3 cidades receberem a classificação de município de pequeno porte. Fato este que pode estar associado direta ou indiretamente à ocupação de APP, ausência de saneamento básico e obras de terraplanagem para construção de vias públicas.

A bacia do Matadero localizada no perímetro urbano de Letícia na Colombia e a

bacia do São Francisco no centro da cidade de Tabatinga, juntas tem uma área de 83,5 hectareas, dos quais 19,3 ha estão em território brasileiro e 64,2 ha em território colombiano. Esse sistema fluvial nos últimos anos tem sofrido pelas incipientes ações de ordenamento territorial e governança da água, o que tem acarretado em impactos socioambientais. O mais recente vem do fato de brasileiros, peruanos e colombianos estarem morando no leito do canal de drenagem da bacia, localizada entre os bairros do São Francisco em Tabatinga e do Unión em Léticia, devido as condições precárias de moradia, poluição da água e o despejo de efluentes oriundos da queima do diesel de uma Usina Termelétrica que entrou em operação no ano de 2013 no lado colombiano.

Diante deste contexto, esse terriório é resultado das artificialidades ou ineficientes políticas de planejamento territorial no espaço urbano. A água elemento natural que possibilita a integração de aspectos, sociais, econômicos e ambientais é o objeto para articulação desses atores que interferem de forma positiva e/ou negativa. O seu gerenciamento a partir dos usos do solo e da análise da qualidade da água nas bacias hidrográficas urbanas pode ser uma ferramenta importante para o planejamento territorial nas cidades.

3 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos últimos anos as cidades de Tabatinga e Léticia tem concentrado política, administrativa e economicamente a Região do Alto Solimões. Essa concentração trouxe um fluxo migratório intenacional, nacional e regional intenso. O contingente populacional tem aumentado de modo significativo, o que contribui para ocupação de áreas de risco natural e agravamento de impactos ambientais.

As bacias hidrográficas podem ser uma importante ferramenta metodológica de planejamento das águas nas cidades amazônicas e, seu planejamneto hídrico se torna iminente, pois a disponibilidade e qualidade são fatores importantes para o crescimento econômico das cidades e a conservação de suas águas.

Neste contexto, a gestão territorial de fronteira e o planejamento das bacias hidrográficas nestas cidades se faz necessário para manter o equilíbrio natural e consequentemente propicie qualidade de vida para os citadinos.

REFERÊNCIAS

APHA - American Public Health Association. **Standard Methods of the experimenation of Water and Wasterwater**. 14 ed. New York, 2005. 541 p.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura de recursos hídricos no Brasil 2019: qualidade das águas superficiais**. Brasília: ANA. 167 p. Disponível em: < http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura_completo.27432e70.pdf>. Acesso em: 25 de Janeiro 2020.

BRASIL. Lei n. 9.433, de 08 de Janeiro de 1997. **Dispõe sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos e da outras providências**. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 27 de Fevereiro 2019.

COLOMBIA. Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia – *CORPOAMAZONIA.* ***Plan de Manejo Ambiental del Sistema hídrico San Antonio del municipio de Leticia, Departamento de Amazonas: 2016****. Disponível em:* <http://www.corpoamazonia.gov.co> Acesso em: 24 de julho de 2018.

SANTOS, Milton; SILVEIRA, Maria Laura, 1926-2001. **O Brasil território e sociedade no início do século XXI.** 15ª ed. Rio de Janeiro: Recorde, 2011.

TOVAR, Erik Vergel. **Ciudades gemelas em fronteras amazônicas: estudio de caso Leticia y Tabatinga.** Cuadernos de Vivienda y Urbanismo. Vol. 1, Nº 2, 2008: 348 – 393. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/304581456_Ciudades_gemelas_en_fronteras_amazonicas_estudio_de_caso_Leticia_y_Tabatinga>. Acessado em: fevereiro de 2018.

CAPÍTULO 14

DESAFIOS DO NOVO MARCO LEGAL DO SETOR DE SANEAMENTO

Data de aceite: 01/04/2021

Hugo Sergio de Oliveira
Economista especialista em saneamento, recursos hídricos e regulação
São Paulo - SP - Brasil

RESUMO: Na última década o setor de saneamento no Brasil avançou de forma muito lenta no sentido de alcançar a universalização dos serviços. Os déficits de serviços atualmente existentes são: 35 milhões de pessoas sem acesso a água potável de forma continua e segura; e cerca de 100 milhões de pessoas sem acesso à coleta, tratamento e disposição final de seus esgotos. A grande maioria dos diagnósticos existente indica como razão deste atraso o fato que o serviço seja prestado de forma majoritária por empresas estaduais e autarquias municipais. Para alterar este quadro se encontra em discussão e em processo de aprovação um novo marco legal cujo o objetivo principal é aumentar a participação do setor privado na prestação dos serviços. A pergunta chave é se este novo marco legal vai retirar o setor da estagnação contribuindo para alcançar a universalização ou não. Para dar resposta a esta questão é importante ter em mente o que está por traz da estagnação que o setor atravessa. Nesse sentido o presente trabalho busca identificar os reais desafios do setor e coteja os mesmos com o escopo da nova lei para analisar se a mesma tem capacidade de vencer estes desafios.
PALAVRAS-CHAVE: Novo Marco Legal. Participação do Setor Privado. Tarifas e Subsidios. Mecanismos de financiamento. Sustentabilidade financeira.

ABSTRACT: In the last decade, the sanitation sector in Brazil has moved very slowly towards achieving universal services. The current service deficits are: 35 million people without safe and continuous access to drinking water; and about 100 million people without access to the collection, treatment and final disposal of their sewage. The vast majority of existing diagnoses indicate as a reason for this delay the fact that the service is provided mostly by state companies and municipalities. To change this situation, a new legal framework is under discussion and in the process of being approved, the main objective of which is to increase the participation of the private sector in the provision of services. The key question is whether this new legal framework will lift the sector out of stagnation and contribute to achieving universalization or not. To answer this question it is important to keep in mind what is behind the stagnation that the sector is experiencing. In this sense, the present work seeks to identify the real challenges of the sector and compares them with the scope of the new law to analyze whether it has the capacity to overcome these challenges.
KEYWORDS: New Legal Framework. Private Sector Participation. Tariffs and Subsidies. Financing mechanisms. Financial sustainability.

INTRODUÇÃO

Na última década o setor de saneamento no Brasil avançou de forma muito lenta no sentido de alcançar a universalização dos serviços. Os déficits de serviços atualmente existentes são: 35 milhões de pessoas sem acesso à água potável de forma continua e segura; e cerca de 100 milhões de pessoas sem acesso à coleta, tratamento e disposição final de seus esgotos. A grande maioria dos diagnósticos indica como razão deste atraso o fato de o serviço ser prestado por empresas estaduais e autarquias municipais, cuja capacidade de investir ficou limitada por questões de suficiência financeira. De fato, atualmente, somente 10% do mercado é atendido por prestadores privados.

Segundo os dados disponíveis, a eficiência operacional da maioria dos prestadores públicos é baixa. A porcentagem média nacional de perdas de água é de mais de 40%. Como decorrência de suas ineficiências, boa parte das empresas públicas apresenta custos operacionais elevados. Devido a este patamar de custos, suas tarifas são estabelecidas de forma a apenas manter seu valor real histórico sem considerar os custos de expansão da cobertura dos serviços. Assim sendo, dependem de recursos fiscais dos Estados e da União ou de empréstimos de bancos públicos para poder cumprir com as metas de universalização. Com a crise fiscal que o país atravessa, estas fontes de recursos não são suficientes para efetuar os investimentos para alcançar a universalização, que são da ordem de 30 bilhões de reais por ano, pelos próximos vinte anos, praticamente o triplo da média anual histórica dos investimentos realizados pelo setor. Em função desta conjuntura, o setor encontra-se estagnado afastando-se ainda mais da meta de universalização.

No final do governo Temer surgiu a iniciativa de, através de uma medida provisória, atualizar a Lei 11.445/07, que regulamenta o setor. A principal mudança a ser introduzida se referia à remoção de barreiras de entrada para possibilitar uma maior concorrência pelo mercado e, em consequência, um aumento da participação do setor privado (PSP) na prestação dos serviços. Depois de uma difícil tramitação no Congresso, com a rejeição das de duas medidas provisórias, a proposta foi apresentada na forma de projeto de lei do Poder Executivo, que foi transformada na Lei 14.026/20.

Durante sua tramitação, a proposta sofreu críticas de praticamente todos os atores do setor, incluindo as associações representativas dos técnicos e dos prestadores (ABES, AESBE, ASSEMAE e ABCON), sindicatos dos trabalhadores, governos estaduais e municipais. Parte das críticas foram atendidas, mas a diretriz de facilitar a PSP foi mantida, com a introdução de algumas medidas mitigadoras para sanar parte dos argumentos contrários. A pergunta chave é se o novo marco legal vai retirar o setor da estagnação, contribuindo para alcançar a universalização ou não. Para dar resposta a esta questão é importante ter em mente o que está por trás da estagnação que o setor atravessa. Propomos aqui identificar aquilo que consideramos como os principais desafios do setor[1],

1 Entendemos que existem muitos outros desafios, porém classificamos os que, nesse momento, consideramos os mais importantes.

cotejá-lo que com o escopo da nova lei para verificar sua capacidade de vence-los e propor uma agenda de temas a serem discutidos para o fortalecimento do novo marco. A seguir, se descrevem os desafios a serem enfrentados e a capacidade de resposta do novo marco legal, bem como a proposta de uma agenda positiva.

ESTAGIO ATUAL DOS DESAFIOS A SEREM ENFRENTADOS

O setor vem enfrentando há pelo menos três décadas: os seguintes desafios:

- *A dúvida sobre o limite do interesse comum* que decorre da falta de precisão de dois artigos da Constituição de 88 que estabelecem: (i) que os serviços de interesse local são de responsabilidade municipal; e (ii) que os serviços de interesse comum devem ser geridos pelas regiões metropolitanas, aglomerações urbanas ou microrregiões;

- *A dificuldade de atender à população carente* de baixo poder aquisitivo que vive em áreas de habitação irregular de difícil acesso para execução das obras necessárias, exigindo muitas vezes soluções não convencionais e não econômicas;

- *Modelo de financiamento altamente vulnerável*, uma vez que depende quase que totalmente de recursos fiscais para execução das obras de expansão.

A seguir se detalha a situação atual destes desafios e as formas que estão sendo adotadas para superá-los.

1. A dúvida do limite do interesse comum e suas implicações

A clareza do limite do interesse comum na prestação dos serviços de saneamento é extremamente importante para que se possa estabelecer uma gestão regional compartilhada com segurança jurídica. A gestão regional integrada dos serviços muitas vezes é necessária para que se possa obter economias de escala que possibilitem uma melhor modicidade tarifária.

A questão das economias de escala surge em função do formato em U dos custos médios de operação dos sistemas de saneamento. Assim sendo, os pequenos municípios em geral apresentam custos médios mais elevados que os grandes municípios ou aglomerações metropolitanas. Economicamente é recomendável aglomerar municípios, principalmente na parte alta da cadeia produtiva do setor, ou seja, na produção de água e no tratamento dos esgotos[2], objetivando um custo médio de produção mais acessível. Por outro lado, quando existe a impossibilidade de agregar os municípios em torno do uso de uma infraestrutura comum, a implementação de uma gestão integrada possibilita o subsídio

2 Um exemplo claro desta forma de estruturação da oferta são as regiões metropolitanas, cujos sistemas produtores de água são construídos para atender à demanda de todos os municípios da região. O sistema Cantareira, da Região Metropolitana de São Paulo, e o Sistema Guandu, da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, são bons exemplos da economicidade da construção de grandes sistemas integrados, ao invés da construção de sistemas isolados, para cada Município pertencente à região metropolitana

cruzado dos municípios de maior para os de menor porte, viabilizando financeiramente a prestação dos serviços nestes últimos[3].

A questão de aglomerar ou de agregar municípios seja para o compartilhamento de uma infraestrutura (economias de escala), seja para viabilizar a prestação do serviço (subsidio cruzado) esbarra numa questão que é a definição de um limite para as chamadas funções públicas de interesse comum (FPIC). A Constituição de 67 estabelecia que a competência sobre os serviços de saneamento seria municipal. Esta titularidade municipal atribuída pela Constituição implicava em que qualquer arranjo que precisava da anuência do Município.

O setor na década de 60 apresentava baixos níveis de atendimento e necessitava de executar um plano para aumentar a cobertura dos serviços. Nestas circunstâncias foi estabelecido o PLANASA que, para enfrentar o problema da falta de escala e baixo poder aquisitivo dos Municípios de menor porte, optou pela criação de empresas estaduais de saneamento.

Dado a titularidade dos serviços ser municipal, a adesão à empresa estadual somente poderia se dar de forma voluntária. Para incentivar esta adesão, os recursos financeiros do PLANASA, administrados pelo BNH, somente seriam disponíveis para os Municípios que aderissem à empresa estadual. Mesmo com este mecanismo de pressão, o PLANASA na sua implementação não abrangeu todo o pais, dado que muitos Municípios de médio porte não aderiram às empresas estaduais. Pode-se citar como exemplos o caso da SABESP, que atualmente opera somente um pouco mais que a metade dos Municípios do Estado de São Paulo, e o caso do Rio Grande do Sul, cuja capital, Porto Alegre, não aderiu à empresa estadual, dificultando sobremaneira a estruturação do mecanismo de subsídio cruzado.

Em que pese esta limitação, o PLANASA foi executado com relativo sucesso, aumentando de forma significativa a cobertura dos serviços de água e coleta de esgotos. Entretanto, a crise econômica inflacionária do final dos anos 70 e início dos anos 80 praticamente acabou com o plano. As principais razões para isto foram, por um lado, a extinção do BNH - agente financeiro do sistema, e, por outro, as condições financeiras das empresas estaduais, que em função da crise tinham dificuldade em repassar os aumentos de custos para as tarifas.

O governo de FHC, para retirar o setor da estagnação em que se encontrava, o inseriu no seu processo de reformas. Entretanto, o processo de privatização do final da década de 90 não pode ser desenvolvido pelo setor de saneamento justamente por causa da insegurança jurídica na definição da titularidade dos serviços.

Para sanar este problema foi apresentado pelo senador José Serra um projeto de

3 A necessidade de subsídios para os pequenos Municípios resulta dos custos unitários mais elevados dos pequenos sistemas, que são operados nestes Municípios, e do respectivo poder aquisitivo da comunidade. Considerando que em grande parte dos pequenos Municípios o poder aquisitivo da comunidade não é suficiente para pagar a operação dos sistemas, surge de imediato a necessidade de subsidiar a prestação dos serviços, quer de forma direta, quer de forma cruzada, através do agrupamento destes Municípios com os de maior porte.

lei que regulamentaria a questão do interesse comum e definiria de forma mais clara a titularidade dos serviços. Este Projeto de Lei nunca foi aprovado devido aos conflitos entre Estados e Municípios, gerados pelos dois artigos da Constituição de 88 anteriormente citados.

Um bom exemplo dos problemas que estavam sendo enfrentados naquele momento é a privatização da Região dos Lagos, no Rio de Janeiro. O Estado, através de uma lei estadual, definiu como de interesse comum os serviços de saneamento desta região e delegou ao setor privado uma concessão regional dos referidos serviços. O contrato de concessão foi assinado de forma conjunta por todos os Municípios e pelo Governo do Estado. Entretanto foi proposta uma ADIN (ação direta de inconstitucionalidade) no entendimento que a responsabilidade da prestação é municipal. Esta ADIN tramitou no STF por mais dez anos sendo que, em seu acórdão, estabeleceu que a responsabilidade pela prestação dos serviços neste caso especifico não é nem estadual nem municipal, mas sim metropolitana. De fato, o acordão estava um pouco baseado no mecanismo de governança da gestão associada dos serviços previsto na Lei 11.445. Neste sentido, previa a criação de uma entidade metropolitana, que passaria a ser poder concedente. Esse mecanismo, embora possível, não havia sido implementado para qualquer das regiões metropolitanas do pais. Assim sendo, o STF não solucionou o problema, persistindo a insegurança jurídica para processos de privatização em áreas metropolitanas ou em bloco de municípios.

Em 2005 foi editada a Lei 11.107, que, dentre outros objetivos, regulamentou a gestão associada de serviços públicos prevista no artigo 241 da Constituição Federal, na redação que lhe deu a Emenda Constitucional da Reforma Administrativa (EC 19/1998, originada do Governo FHC). Este artigo 241 da Constituição Federal prevê que a gestão associada deve ser autorizada por consórcios público ou por convênio de cooperação entre entes federados. Havendo a gestão associada, os termos da Lei 11.107/2005, é possível que os entes da Federação cooperem na prestação dos serviços, inclusive um ente da Federação "emprestando" a estrutura de prestação para outro, por meio do contrato de programa. Outra hipótese é de o consórcio público, constituído na forma de uma autarquia, também por meio de contrato de programa, prestar os serviços.

Por outro lado, em 2007 foi editada a Lei 11.445, que reorganizou o setor de saneamento, que estabeleceu que ativos que haviam sido construídos pelas empresas estaduais deveriam ser ressarcidos no caso de rompimento dos contratos de concessão firmados quando da adesão do Município. Dada a dificuldade financeira dos Municípios em ressarcir as empresas estaduais, os consórcios não prosperaram. Entretanto as empresas estaduais aproveitaram o instrumento do *contrato de programa* para renovar suas concessões que se encontravam vencidas.

Desta forma, as mudanças legislativas de 2005 e 2007 acabaram criando um instrumento (contrato de programa) que, na prática, se transformou numa barreira para os operadores privados, uma vez que as concessões dos Municípios com as empresas

estaduais passaram a ser renovadas sem licitação. A mobilização dos operadores privados contra esta falta de concorrência incentivou a iniciativa do governo Temer em alterar o marco legal existente.

2. O problema do acesso aos serviços pela população carente

A questão do aumento da cobertura dos serviços para alcançar a universalização não se resume em obter recursos para construção dos sistemas, ou seja, o problema não será resolvido unicamente com o aumento da PSP no setor. A outra parte do problema se encontra do lado da demanda. De fato, a grande parcela do déficit dos serviços é de população de baixa renda, o que, em termos de seu atendimento, tem uma série de dificuldades a ser contornadas por parte da concessionária dos serviços.

A primeira, de caráter técnico, decorre do fato que a população de baixa renda reside em áreas de ocupação irregular e, na maioria dos casos, de difícil topografia. Daí resulta a dificuldade técnica de estender uma rede de características convencionais, seja de água, seja de esgotamento sanitário. As adoções de soluções não convencionais, em geral, implicam em maiores custos. Aliado a esta dificuldade, vem a necessidade que, para a população proceder adequações de suas instalações sanitárias intradomiciliarias, demandam recursos financeiros que, muitas vezes, não estão disponíveis.

A segunda, de caráter legal, e que limita a atuação da concessionaria, uma vez que se trata de áreas irregulares, a concessionaria não deve prestar serviços, sob pena de legalizar a ocupação. Sobre este aspecto, é necessário promover uma adequada regularização fundiária, cuja as iniciativas de seu encaminhamento ainda são tímidas e isoladas. Desta forma, boa parte das ligações são precárias e clandestinas e, também, os serviços não são medidos. Isto resulta em perdas físicas de água e de faturamento por parte da concessionária. Atacando este problema, a SABESP vem promovendo em Santos um programa de regularização, cujos os resultados estão sendo excelentes, tanto do ponto de vista da concessionaria, como da comunidade.

A terceira dificuldade resulta da falta de capacidade de pagamento, que leva a família a adotar o comportamento estratégico de não aumentar seus gastos com saneamento e, assim sendo, prefere não fazer a ligação mesmo quando a rede está disponível. O Instituto Trata Brasil fez um levantamento recente, que mostra a enorme quantidade de rede de esgotos que se encontra seca por falta de ligação. Isto significa que o déficit de coberta de coleta de esgotos poderia ser menor que as estatísticas mostram, devido à ociosidade existente nas redes de esgoto.

Para contornar todos estes problemas o setor adota um sistema de subsidio, composto por uma tarifa social e por uma estrutura tarifaria de blocos crescentes de consumo com subsídios cruzados implícitos. A tarifa social é insuficiente pelo baixo cadastramento das famílias que potencialmente teriam direito ao benefício. Por outro lado, a estrutura tarifaria de blocos crescentes de consumo é ineficiente à medida em que beneficia quem

não precisa e exclui do benefício do subsidio a quem de fato precisa.

3. A fragilidade do esquema de financiamento

As principais fontes de financiamento do setor são as tarifas, empréstimos da CEF/BNDES/Bancos Multilaterais e recursos fiscais do OGU. Este esquema é extremamente vulnerável porque: (i) as tarifas são limitadas pelo poder aquisitivo da população e pela falta de um modelo eficaz de subsidio. Em consequência, na maioria dos Estados falta capacidade para alavancar recursos na medida em que as empresas estaduais não têm capacidade de endividamento e de servir à dívida; (ii) os recursos do FGTS/OGU sofrem os efeitos da crise econômica (desemprego e queda da arrecadação), reduzindo a sua capacidade financiar a expansão dos sistemas; (iii) os bancos multilaterais exigem garantia soberana da União para prestar serviços, e esta última exige o cumprimento da Lei de Responsabilidade Fiscal e de uma boa posição de endividamento, o que a grande maioria dos Estados e Municípios não consegue cumprir; (iv) Os recursos do OGU que estão sendo disponibilizados são pequenos para a dimensão do problema; e (iv) o setor privado enfrenta dificuldades em romper as barreiras de entrada, não podendo contribuir para o desenvolvimento do setor. Nos últimos anos vem participando no financiamento do setor de forma secundária, financiando por meio de soluções do tipo parcerias público privadas (PPP), que atualmente apresentam uma tendência crescente, porém ainda insuficiente. Nestes últimos anos esta forma de financiamento setorial não conseguiu alcançar e manter o nível de investimentos suficientes para alcançar a meta de universalização.

O NOVO MARCO LEGAL

O novo marco legal está baseado em três pilares: (i) aumentar a concorrência no setor, eliminando as barreiras de entrada aos operadores privados; (ii) solucionar o impasse da titularidade dos serviços; e (iii) uniformizar a regulação para dar segurança jurídica.

Com sua implementação, se pretende aumentar a PSP no setor de saneamento, por meio de licitações abertas para a renovação das concessões, incremento de parcerias público-privadas e vendas de controle acionário das empresas públicas. Neste sentido, o novo marco procura remover todos os obstáculos atualmente existentes e introduzir novos mecanismos, que propiciem segurança jurídica e garantia de retorno aos investimentos privados.

Os obstáculos que foram removidos são os seguintes: (i) Renovação das concessões por meio dos contratos de programa; (ii) Autorização municipal para venda do controle acionário das empresas estaduais. Por outro lado, os seguintes mecanismos foram introduzidos: (i) Licitação da concessão por blocos de Municípios, como forma de contornar o problema da titularidade e para evitar problemas com o subsidio cruzado; (ii) Uniformização da regulação, pela criação de uma agencia setorial responsável pelas normas regulatórias de referência ; e (iii) Impedimento de o Município assumir os serviços

de saneamento de empresas estaduais que passarem por alienação acionária sem prévia indenização dos ativos remanescentes.

Com relação aos desafios indicados anteriormente, o novo marco legal prevê o seguinte:

- ***Titularidade***. Institui a figura de blocos regionais, cuja associação deve ser voluntaria em função da titularidade municipal. O incentivo à adesão adotado é o não acesso ao aos recursos orçamentários da União ou aos financiamentos com entidades federais. As modelagens institucionais financeiras atualmente desenvolvidas pelo BNDES para a Casal e a Cedae propõem organizar as empresas de forma desverticalizada, seguindo o modelo elétrico. Essas duas empresas estaduais passam a operar a parte alta da cadeia (produção de água), enquanto a parte baixa (distribuição de água e coleta e tratamento de esgotos), será operada pelo setor privado. As empresas da parte alta da cadeia seriam de titularidade estadual e as da parte baixa são organizadas em blocos com uma governança nos moldes da gestão associada prevista na Constituição, para uma concessão regional da prestação dos serviços.

- **Acesso ao serviço pelos grupos vulneráveis**. A lei trata de forma ampla na concessão de subsídios às populações vulneráveis, mas não define como será concedido e como será financiado. Tudo parece indicar que vai manter o sistema atual.

- ***Modelo de Financiamento*** Implícito na lei está que o financiamento da expansão vai depender mais fortemente da iniciativa privada. Neste sentido, extingue-se o contrato de programa e facilita-se o processo para a venda das empresas estaduais. Neste último caso poderão ocorrer problemas pela questão da titularidade dos serviços.

CONCLUSÃO

A reforma é necessária e suas diretrizes apontam na direção correta. Entretanto os instrumentos que estão sendo definidos e o aparato legal estabelecido são insuficientes para vencer o desafio da dúvida da titularidade e permitir o acesso universal aos serviços. Entende-se, com relação ao mecanismo proposto para resolver a questão da titularidade, que a adesão do Municípios será de difícil implementação, uma vez que a adesão ao esquema de blocos segue a lógica adotada pelo PLANASA, cujos resultados não tiveram um êxito completo. Por outro lado, as modelagens em curso se apoiam na governança da gestão associada e que também não funcionou adequadamente. Estas dúvidas indicam que, talvez, a resolução da delimitação do interesse comum no setor de saneamento tenha que passar pela tramitação de uma PEC, que poderia de fato tornar viável a implementação dos arranjos que estão sendo propostos. Por outro lado, sem mecanismos de proteção social para a população vulnerável, corre-se o risco do rechaço social às possíveis privatizações.

Assim sendo, como contribuição ao debate, se pode sugerir a discussão dos seguintes mecanismos que poderiam ser colocados em funcionamento para fortalecer o novo marco: (i) implementação de uma política de proteção social, que defina um sistema de subsidio ao acesso e ao uso dos serviços, incluindo as ligações intradomiciliarias; (ii) estruturação de um sistema financeiro de saneamento único, que consolide todas as fontes de financiamento atualmente existentes e as que forem criadas, para respaldar as políticas de proteção social e financiar os prestadores privados, para a expansão dos sistemas; e os prestadores públicos, para que eles possam se modernizar para competir em condições de igualdade com os prestadores privados; e (iii) a estratégia de direcionar os esforços e recursos da privatização para as áreas mais carentes e de maior risco.

REFERÊNCIAS

1. Projeto de Lei 3261/2019. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 (Lei do Saneamento Básico), para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017

2. PROJETO DE LEI N° 4162, DE 2019. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 (Lei do Saneamento Básico), para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017

3. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Infraestrutura social e urbana no Brasil: subsídios para uma agenda de pesquisa e formulação de políticas públicas. Brasília: Ipea, 2010.

4. BRESSER-PEREIRA, L. C. Macroeconomia pós-Plano Real: as relações básicas. In: SICSÚ, J. et al. (Org.). Novo-desenvolvimentismo: um projeto nacional de crescimento com equidade social. Barueri: Manole; Rio de Janeiro: Fundação Konrad Adenauer, 2005. p. 3-47.

5. BELÉM, M. G., NOGUEIRA, J. M. A prática na teoria é outra: cobrança pela água bruta no setor de saneamento brasileiro. Goiânia, 2006.

6. COELHO DE FARIA, R. ALVES DE FARIA, S. MOREIRA, TITO BELCHIOR S. A privatização no setor de saneamento tem melhorado a performance dos serviços? In Planejamento e Políticas Públicas n. 28, jun./dez. 2005

7. FERNANDES DE OLIVEIRA, C. Água e saneamento básico em Manaus, Amazonas - Brasil: valoração econômica em serviços de utilidade pública. In GEOGRAFIA EM QUESTÃO v.04, n. 02. p.181-196.2011

8. MERCEDES, SONIA S. P. Análise comparativa dos serviços públicos de eletricidade e saneamento básico no brasil: ajustes liberais e desenvolvimento (EPUSP-FEA-IEE-IF/USP,) [SÃO PAULO] 2002

9. RIBEIRO, CHRISTIAN RICARDO. Das metrópoles sedentas à hidromegarregião Rio de Janeiro–São Paulo: a construção de uma escala regional de gestão das águas? UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, – RIO DE JANEIRO 2018.

CAPÍTULO 15

BIOPROSPECÇÃO DE RIZOBACTERIAS DE CAFÉ CONILON

Data de aceite: 01/04/2021
Data de submissão: 09/03/2021

Joyce Rayra Pereira Leite
Faculdade Capixaba de Nova Venécia
Nova Venécia, Espírito Santo, Brasil

Wanderson Alves Ferreira
Faculdade Capixaba de Nova Venécia
Nova Venécia, Espírito Santo, Brasil

Sabrina Spalenza de Jesus
Faculdade Capixaba de Nova Venécia
Nova Venécia, Espírito Santo, Brasil

Elson Barbosa da Silva Júnior
Instituto Federal do Pará, Itaituba
Pará, Brasil

RESUMO: O Espírito Santo se destaca nacionalmente e internacionalmente na produção do Café Conilon, produzindo anualmente aproximadamente 9,95 milhões de sacas. Apesar do cenário produtivo, 20% da colheita é destinada ao custeio dos fertilizantes sintéticos, o que torna a cafeicultura insustentável tanto em razão aos custos como também pelos diversos problemas ambientais causados por esses produtos. A presente pesquisa se caracteriza de forma experimental, com o objetivo de encontrar, selecionar bactérias que promova o crescimento e o desenvolvimento de plantas de café Conilon, tornando-se assim uma biotecnologia para substituir o uso dos fertilizantes. Amostras de solo rizosférico e de raízes foram coletadas de plantas de café Conilon, sendo submetido ao procedimento de diluição seriada, e posteriormente ao plaqueamento em triplicata das diluições 10-3, 10-4 e 10-5, em quatro meios de culturas, com duas repetições cada, sendo elas mantidas inversas por 120 horas em incubadora DBO a 28ºC. Após a purificação, houve o resultado de 30 isolados, sendo que dentre esses foram selecionadas 10 bactérias com características distintas, no qual foram adicionadas a um caldo nutritivo por um período de 120 horas, mantidas sob agitação. As 10 rizobactérias selecionadas foram inoculadas nas mudas de café, em quatro repetições com a mesma bactéria, exceto o tratamento de controle. As 44 mudas de café Conilon permaneceram em crescimento por duas semanas após a inoculação, verificando o desempenho das mesmas na produção de massa fresca e seca. As mudas na qual foi inoculada as bactérias 03IAP1R-5, 04OP2R-5 apresentaram o melhor resultados.
PALAVRAS-CHAVE: Rizobactérias. Café Conilon. Biotecnologia. Fertilizantes Sintéticos.

BIOPROSPECTING OF CONILON COFFEE RHIZOBACTERIA

ABSTRACT: Espírito Santo stands out nationally and internationally in the production of Café Conilon, producing approximately 9.95 million bags annually. Despite the productive scenario, 20% of the harvest is used to finance synthetic fertilizers, which makes coffee farming unsustainable both due to costs and also due to the various environmental problems caused by these products. The present research is characterized

in an experimental way, with the objective of finding, selecting bacteria that promotes the growth and development of Conilon coffee plants, thus becoming a biotechnology to replace the use of fertilizers. Samples of rhizospheric soil and roots were collected from Conilon coffee plants, being subjected to the serial dilution procedure, and subsequently to triplicate plating of the 10-3, 10-4 and 10-5 dilutions, in four culture media, with two repetitions each, being kept inverse for 120 hours in a DBO incubator at 28ºC. After purification, there were 30 isolates, 10 of which were selected with different characteristics, in which they were added to a nutrient broth for a period of 120 hours, kept under agitation. The 10 selected rhizobacteria were inoculated in the coffee seedlings, in four replications with the same bacteria, except for the control treatment. The 44 seedlings of Conilon coffee remained in growth for two weeks after inoculation, verifying their performance in the production of fresh and dry pasta. The seedlings in which the 03IAP1R-5, 04OP2R-5 bacteria were inoculated showed the best results.
KEYWORDS: Rhizobacteria. Café Conilon. Biotechnology. Synthetic fertilizers.

INTRODUÇÃO

O cultivo do café é uma das culturas que está em segundo lugar na geração de riquezas do mundo (MISHRA et al., 2012). Neste aspecto a América Latina participa com 57,33% da produção mundial (2015), tendo o Brasil 35,07% da produção, conforme FERRÃO et al., (2017). O montante de café produzido no Brasil concentra- se basicamente em duas espécies, sendo produzido no País 28,9% de Conilon e 71,1% de café arábica (CONAB, 2014). Segundo o Instituto Capixaba de Pesquisa INCAPER, o Espirito Santo é um grande destaque na produção de Café Conilon, sendo referência nacional e internacional, atingindo uma produção de mais de 70% da safra brasileira, empregando 220 mil capixabas de 78 mil famílias, distribuídas em 40 mil propriedades de 64 municípios do estado. Por mais receita que a produção gere ao país, os custos de produção aumentam gradativamente, correspondendo mais de 20% de gastos somente com os fertilizantes (CONAB, 2017).

A maior parte do solo brasileiro é caracterizada pela sua baixa fertilidade, sendo necessário o uso de fertilizantes sintéticos para o manejo das culturas, porém o emprego desses adubos nos solos promove a insustentabilidade na agricultura. Contudo o Brasil ocupa o quarto lugar como maior consumidor de fertilizantes do mundo, o que consequentemente acarreta sérios problemas ambientais e custos excessivos na produção.

De acordo com MESSA et al., (2016) os fertilizantes minerais vêm sendo usados em larga escala na adubação agrícola. Contudo o uso incorreto ou de maneira demasiada desses produtos podem causar sérios impactos econômicos e ambientais, como exemplo a poluição de lençóis freáticos, dos cursos d’água, em decorrência da erosão e lixiviação de solo e substâncias presente nele, a acidificação e emissão de gases poluentes, como exemplo o óxido nitroso (N_2O).

As bactérias são microrganismos essenciais para a manutenção dos ecossistemas naturais, sendo um ponto chave na busca por biotecnologias. As rizobactérias segundo

LOPÉZ (2017) constitui um grupo formado por uma variedade de espécies, que vivem nas proximidades das raízes das plantas, que dentre esse grupo, há aquelas que atuam em benefício ao desenvolvimento do vegetal por meio de vários mecanismos.

As Rizobactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (RPCP's), é um campo da microbiologia que tem sido estudado, em favorecimento de uma agricultura economicamente viável e sustentável, pois as RPCP's são benéficas para as plantas direta e indiretamente, contribuindo para o crescimento e desenvolvimento das mesmas.

A preocupação crescente com a conservação e a preservação ambiental tem resultado na busca de tecnologias para implantação de sistemas de produção agrícola com enfoques ecológicos e com uso responsável de recursos naturais sem redução na produção. A possibilidade de aplicação do RPCP nos solos traz benefícios diretos para a produção agrícola no mesmo tempo, como alternativa ao cultivo com o menor uso de fertilizantes BATISTA (2012).

Portanto a presente pesquisa assume um caráter experimental com o objetivo de identificar bactérias promotoras de crescimento de plantas, tornando-as biofertilizantes para o cultivo do café Conilon no estado do Espirito Santo, visando tornar o seu uso uma alternativa sustentável e economicamente viável.

METODOLOGIA E MÉTODO DE PESQUISA

O desenvolvimento do experimento foi realizado no laboratório do Centro Estadual Integrado de Educação Rural – CEIER do munícipio de Boa Esperança, estado do Espirito Santo entre os meses de agosto a novembro de 2019.

Foram utilizados 4 meios de cultura sendo o primeiro deles o meio GL Sólido, utilizado para avaliar a solubilização de fosfato de cálcio di-básico ($CaHPO4$) (SYLVESTER-BRADLEY et al., 1982) e para preparação do meio de cultura, foram adicionados em um béquer de 500 ml, 10 g dextrose, 0,5 g de extrato de levedura, 2 ml de solução de sulfato de Magnésio a 10%, 2 ml de solução de cloreto de cálcio a 1%, 1 ml solução de cloreto de sódio a 10%, 2 ml de solução de micronutrientes, 10 ml de Fe-EDTA, 0,1 g de nitrato de potássio, em seguido foi adicionado 500 ml de água destilada, e foi submetido a correção de pH, após estabilizar o pH em 7, a solução foi transferida para um recipiente de 1 L, no qual foram acrescentados as 15 de Ágar, e mais 500 ml de água destilada. Após ser esterilizado em estuda em autoclave, o recipiente contendo o meio GL foi aquecido a uma temperatura de 180 ºC por duas horas. Depois de transcorrido do tempo necessário, o recipiente foi aberto na câmara de fluxo laminar, e acrescentados 50 ml de $K2HPO4$ e mais 100 ml de $CaCl2$.

O segundo meio de cultura foi o Meio de Cultura YMA - Yeast Mannitol Agar (VINCENT, 1970), acrescido de azul de bromotimol que tem por objetivo mostrar alteração ocorridas no meio de cultura, por meio de observação das " reações ácida ou básica na

presença de monitol suprindo como fonte de carbono" (HUNGRIA, 2011) o que corresponde se ocorreu uma modificação do pH do meio de cultura por ação das bactérias, o que atribui ao isolado a capacidade de modificar o pH do meio ao qual se deu seu crescimento.

Foram adicionados em um béquer de 500 ml, 10 g de Monitol; 0,5 g de K2HPO4; 0,2 g de MgSO4.7H20; 0,1 g de NaCl; 0,5 g de Extrato de Levedura; 5 ml de Azul de Bromotimol e 500 ml de água destilada, a solução em questão foi submetida a correção do pH para 7. Após esse procedimento, o meio foi transferido para um recipiente de 1 L e acrescentado mais 500 ml de água destilada, e 15 g de Ágar-ágar. Sendo em seguida submetido à autoclave, e por fim antes do plaqueamento o recipiente contendo o meio foi aquecido por 2 horas a 180 ºC, e aberto na câmera de fluxo laminar.

O terceiro meio de cultura foi o meio de cultura JNFb. Em seu preparo (DÖBEREINER et al.,1995) foi realizado adicionando ao um béquer de 500 ml: 0,5 g de Ácido Málico; 0,6 g de K2HPO4; 1,8 g de KH2PO4; 0,2 g de MgSO4.7H2O; 0,1 g de NaCl; 0,02 g de CaCl2. H2O; 50 g de Extrato de Levedura; 2 ml de solução de micronutrientes, 1 ml de Solução de Vitaminas; 4 ml de Fe-EDTA; 4,5 g de KOH; 2 ml de Azul de Bromotimol, acrescentado 500 ml e água destilada, neutralizou o pH, e em seguida, transferiu o meio para um recipiente de 1 L e adicionou 15 g de Ágar-ágar. Sendo em seguida submetido à autoclave, e por fim antes do plaqueamento, o recipiente contendo o meio foi aquecido por 2 horas a 180 ºC, e aberto na câmera de fluxo laminar.

O quarto e último meio de cultura foi Meio de Cultura King (KING et. al.,1954), para o preparo do mesmo foram adicionados a um béquer de 500 ml; 20 g de Proteose de Peptona; 1,5 g de MgSO4.7H2O; 1,5 g de K2HPO4; acrescentado 500 ml de água destilada, posterior foi transferido para um recipiente de 1 L e adicionado, 15 g de Ágar; 15 ml de Glicerina, e mais 500 ml de água destilada. Sendo também submetido a desinfecção na autoclave, antes de serem colocados nas placas de petri, o meio em questão passou por um aquecimento de 2 horas a 180 ºC.

As amostras do material foram coletadas em área de café Conilon no próprio campus do CEIER no mês de setembro de 2019. Foram coletadas amostras de solo rizosférico e raízes de três plantas de café Conilon do mesmo clone em uma profundidade de 15 cm a 20 cm.

Posteriormente foi feita a homogeneização do material coletado, as raízes foram cuidadosamente lavadas em água corrente e separado 10 g das amostras, e trituradas junto com 90ml de solução salina esterilizada 0,85% (NaCl) obtendo uma solução que em seguida foi submetida na câmera de fluxo laminar ao procedimento de diluição seriada. O solo rizosférico, foi homogeneizado, peneirado e separado uma amostra de 10 g, que foi adicionado à 90 ml de solução salina 0,85% (NaCl) estéril, sendo também submetido a uma diluição seriada na câmera de fluxo laminar.

Adiante foi adicionando alíquotas de 0, 1 ml das diluições em placas de petri e espalhadas com o auxílio de uma alça de Drigalski, realizando o plaqueamento em triplicata

das diluições 10-3, 10-4 e 10-5 em quatro meios de culturas distintos GL sólido, YMA, JNFB e KING B, invertidas e levados a incubação por 7 dias seguidos, em incubadora (BOD) a 28ºC, somando 64 placas 4 meios x 4 diluições x 2 repetições x 2 fontes mais 4 placas de teste, resultando em um total de 68 placas. Para purificação das bactérias baseou se em isolar as colônias que se mostrou diferentes, onde foram novamente plaqueadas por estrias de esgotamento no mesmo meio que de seu o crescimento anterior invertidas e levados a incubação por 120 horas a 28ºC. Todo material usado passou pelo processo de esterilização, sendo todas vidrarias, pipetas esterilizadas em autoclave, o uso de álcool 70%, é todo o procedimento ocorreu na câmera de fluxo laminar com esterilização UV.

Para realizar a caracterização fenotípica baseou se na morfologia das colônias de bactéria, iniciando 24 h após riscarem, onde surgiu as primeiras colônias isoladas. Foram avaliadas as seguintes características: alterações do meio de cultura; tempo de crescimento; tamanho; coloração; produção de muco; consistência do muco; forma da colônia; borda; detalhe óptico; elevação.

O ensaio em solo natural e auto clavado acondicionado em sacos de polietileno perfurados, de cor preta, com as dimensões usuais para mudas de café (0,15 x 0,25 m), com quatro repetições resultando em um total de 44 mudas. O solo foi coletado em áreas de mata, onde nunca ocorreu o uso de nenhum produto agrícola, sendo procedida a análise química do solo é eventuais correções. Foram plantadas mudas a partir de clones de café Conilon retirados do cafezal do campus do CEIER, em seguida 10 bactérias foram selecionadas dentre as 30 iniciais, sucedendo ao processo de multiplicação em caldo nutritivo, de acordo o período de crescimento, posterior foram inoculadas em nas mudas de café, não ocorrendo inoculação no tratamento controle (negativo), e no tratamento com ureia.

Após a inoculação das bactérias, foi avaliado durante 17 dias no viveiro o desempenho das mesmas em promover o crescimento de café em campo. Posteriormente foi realizado a colheita das 4 mudas de cada tratamento, onde ambas foram lavadas em água corrente, sendo em seguida encaminhadas para o laboratório do CEIER, onde foi realizado a separação entre o sistema aéreo e o radicular da planta. No mesmo dia foi determinada a massa fresca da parte aérea (MFPA) e da radicular de cada planta (MFSR), sendo que os resultados foram obtidos com a assistência de uma balança analítica. Também foi definido o volume da raiz (Vol. R), através da adição de água em um Becker de Vidro 100 ml, onde era anotada a variação do volume após a adição das raízes dos tratamentos. Em seguida, essas partes foram colocadas em sacos de papel devidamente identificados, onde foram conduzidos para a estufa, onde ocorreria o processo de secagem, para que posteriormente fosse pesada a massa seca do sistema radicular (MSSR) e da parte aérea (MSPA), também com o auxílio da balança. Foi realizado a análise de variância dos dados obtidos, aplicando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008), utilizando o teste F. As médias dos tratamentos foram comparadas através do teste de Tukey ($p<0,05$).

RESULTADOS

Após o processo de purificação das placas, resultou em 30 isolados, nas quais foram submetidas ao processo de identificação e caracterização fenotípica. Com base na tabela 1 e tabela 2 observou se que o meio de cultura King B apresentou maior crescimento bacteriano, tendo como resultado 23 estirpes isoladas, evidenciando uma grande diferença dos demais meios utilizados, pois o meio YMA apresentou apenas 5 colônias distintas, o GL sólido somente duas, e nenhum crescimento foi identificado no meio de cultura JNFB.

ISOLADO	MEIO DE CULTURA	DILUIÇÃO	REPETIÇÃO	ORIGEM	CÓDIGO
BAC V	KING B	- 5	P1	RAIZ	01VP1R-5
BAC AML	KING B	- 3	P1	SOLO	02AMLP1S-3
BAC IA	KING B	- 5	P1	RAIZ	03IAP1R-5
BAC O	KING B	- 5	P2	RAIZ	04OP2R-5
BAC C	KING B	- 5	P1	RAIZ	05CP1R-5
BAC TRV	YMA	- 4	P1	RAIZ	06TRVP1R-4
BAC N	KING B	- 4	P1	SOLO	07NP1S-4
BAC Y2	KING B	- 3	P1	SOLO	08Y2P1S-3
BAC PS	KING B	- 4	P1	RAIZ	09PSP1R-4
BAC FLM	KING B	- 3	P1	SOLO	10FLMP1S-3
BAC BR	YMA	- 3	P2	RAIZ	11BRP2R-3
BAC R	GL	- 3	P2	RAIZ	12RP2R-3
BAC K	KING B	- 5	P2	RAIZ	13KP2R-5
BAC F	KING B	- 5	P1	RAIZ	14FP1R-5
BAC H	KING B	- 5	P1	RAIZ	15HP1R-5
BAC IS	GL	- 4	P2	RAIZ	16ISP2R-4
BAC BR2	KING B	- 5	P1	RAIZ	17BR2P1R-5
BAC A	KING B	- 5	P1	RAIZ	18AP1R-5
BAC FLB	KING B	- 3	P1	SOLO	19FLBP1S-3
BAC ELA	KING B	- 3	P2	SOLO	20ELAP2S-3
BAC BL	KING B	- 5	P2	RAIZ	21BLP2S-5
BAC VS	YMA	- 4	P2	RAIZ	22VSP2R-4
BAC D	KING B	- 5	P1	RAIZ	23DP1R-5
BAC I	KING B	- 5	P1	RAIZ	24IP1R-5
BAC L	KING B	- 5	P1	RAIZ	25LP1R-5
BAC B	KING B	- 3	P2	SOLO	26BP2S-3
BAC PS2	KING B	- 3	P1	SOLO	27PS2P1S-3
BAC AS	KING B	- 5	P2	SOLO	28ASP2S-5
BAC CS	YMA	- 3	P2	RAIZ	29CSP2R-3
BAC PA	YMA	- 3	P2	RAIZ	30PAP2R-3

Tabela 01 - Identificação dos isolados de bactérias

A diluição que apresentou maior crescimento de colônias bacteriana em meio King B, foi a -3, porém, com menor número de diversidades de bactérias, e com crescimento muito rápido. A -4 teve o maior índice de contaminação, e por esse motivo não foi possível identificar e isolar todas as estirpes que se desenvolveu nessa diluição. Contudo a diluição -5 apresentou melhor resultado, pois teve o maior número de colônias distantes em maior tempo de crescimento. No meio YMA as diluições -3 e -4 apresentou resultados favoráveis, sendo as únicas que teve o crescimento de colônias bacteriana, além do tempo necessário para elas se desenvolver, ter sido superior a 72 h. Em GL Sólido, surgiu apenas duas colônias bacteriana distintas na diluição -3 e -4 com crescimento superior à 48 h.

De acordo com (MOREIRA, 2010), há determinado grupo de bactérias fixadoras de nitrogênio, que apresenta a capacidade de acidificar o meio de cultura quando essas possuem o crescimento rápido, é a capacidade de alcalinizar o meio quando seu crescimento é lento. Detalhe que foi observado com as colônias que se desenvolveu no meio de cultura YMA, bactérias que apresentou crescimento superior a 72 horas teve a coloração do meio de cultura alterada, destacando um tom mais azul, o que indica que elas possuem a capacidade de alterar o pH para alcalino. Em relação a alterações no meio de cultura, apenas no meio YMA adicionado azul de bromotimol, que foi possível identificar as modificações, sendo que duas bactérias alteraram o pH do meio para ácido, duas permaneceu em neutro, e apenas uma modificou o pH para alcalino.

A caracterização fenotípica das 30 bactérias isoladas (tabela 2) se baseou por meio da morfologia das colônias, onde se observou que em meio de cultura King B 3 (13%) das bactérias tiveram crescimento muito rápido, 8 (35%) apresentaram crescimentos rápido, 12 (52%) crescimento lento, já em meio YMA 100% das colônias apresentaram crescimento lento, e no GL sólido 100% das estirpes tiveram crescimento rápido. Todos isolados apresentaram diâmetro entre 2 mm a 5 mm. A coloração dos 30 isolados variaram de amarela, marrom laranja à branca, sendo essa última a que teve maior predominância seguida da cor amarela. Em relação a produção de muco, foi possível observar que dentre as 30 bactérias 13 teve uma elevada produção, 12 apresentou pouco, e 5 teve moderado, sendo que 12 das bactérias demostrou a consistência do muco seco, 10 gomoso e 8 viscoso. No que se refere a formação das colônias 50% dos 30 isolados demostrou formar circular e os outros 50% irregular, e 50 % das colônias com a borda ondulada. Sobre o detalhe ótico, a maioria se mostrou opaca, sobressaindo apenas duas distintas, sendo uma bactéria translucida e a outra transparente, a elevação das colônias seu deu por 50% dos 30 isolados como planas.

CARACTERIZAÇÃO CULTURAL DE BACTÉRIA										
	CARACTERÍSTICAS								KING B	
ISOLADO	*AMC	*TC	*T (mm)	*C	*PM	*CM	*F	*B	*DO	*E
19FLBP1S-3	-	M.R	5	B	P	S	C	In	Op	Pl
26BP2S-3	-	M.R	2	M	Ab	G	I	O	Op	Pl
02AMLP1S-3	-	M.R	5	B	P	S	C	In	Op	Pl
18APP1R-5	-	R	2	B	P	G	C	In	Op	Pl
10FLMP1S-3	-	R	3	M	Mo	G	I	O	Op	Pl
27PS2P1S-3	-	R	4	B	Ab	V	I	O	Op	Pl
17BR2P1R-5	-	R	3	M	Ab	G	C	O	Op	Cv
03IAP1R-5	-	R	3	La	P	S	C	In	Op	Cv
09PSP1R-4	-	R	5	A	P	V	C	In	Op	Cv
13KP2R-5	-	R	4	B	Ab	V	I	O	Op	Cv
08Y2P1S-3	-	R	4	A	Ab	G	C	O	Op	Pl
15HP1R-5	-	R	3	A	Ab	G	I	O	Op	Cv
07NP1S-4	-	L	5	La	Ab	G	I	In	Op	Pl
14FP1R-5	-	L	4	B	P	S	C	In	Tl	Cv

*Tempo de crescimento (TC): M.R – muito rápido, R – rápido, L – lento;
*Tamanho (T), Coloração (C): A – amarela, B – branca, La – laranja, M – marrom;
*Produção de muco (PM): P – pouca, Mo – moderada, Ab – Abundante;
*Consistência do muco (CM): S – seca, G – gomosa e V – viscosa;
*Forma da colônia (F): C – circular, I – irregular;
*Borda (B): In – inteira, O – ondulada, D – denteada;
*Detalhe Óptico (DO): Op – opaca, Tl – translúcida;
*Elevação (E): Pl – plana, L – lente, Cv – convexa.

Tabela 02 - Caracterização fenotípica das bactérias dos isolados.

Fonte: Elaboração dos autores.

Em estudos realizados com o rizóbio Rhizobium Spp. HERRIDGE et. al., (1975) mostrou que colônias grandes e com maior produção de muco são simbioticamente ineficientes enquanto as que formaram pequenas colônias e com pouca produção de muco foram simbioticamente eficientes. MARTINS (1995), constatou que bactérias com crescimento rápido, apresentaram uma elevada produção de muco, no entanto as que tiveram crescimento lento a muito lentou apresentou uma produção de muco moderada a seca. Detalhe que pode ser observado no presenta trabalho aproximadamente 60% das estirpes com crescimento lento tiveram uma produção de muco, de moderada a pouco.

No meio de cultura GL sólido identificou o crescimento de duas colônias bacterianas com características diferentes. Após 72 horas de incubação algumas bactérias apresentou a formação de um halo claro em torno das colônias dando um contraste com o meio de cultura opaco, indicando que a bactéria em questão tem capacidade de solubilizar o

fosfato. Conforme PEREZ et al. (2007) em meio sólido tem a possibilidade de não ocorrer a formação do halo ao redor das colônias, mas mesmo assim pode acontecer a solubilização, com isso pode ser esse o ocorrido com o presente experimento. A formação de ácidos orgânicos é decorrente da diminuição do pH do meio, fato que favorece a capacidade dos isolados em solubilizar o fósforo (MIKANOVÁ; et.al, 2002; HARA et. al., 2005).

Após os 17 dias da inoculação das bactérias (Figuras 1 à 10) nas mudas de café houve a coleta das plantas para que fosse realizada a avaliação do efeito em seu crescimento. "O efeito no crescimento da planta pode ser expresso tanto pela massa da matéria seca da parte aérea ou raízes, como pela altura" (COELHO et al., 2006). Portanto, foram avaliados os seguintes parâmetros: massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca do sistema radicular (MFSR), volume da raiz (Vol. R),

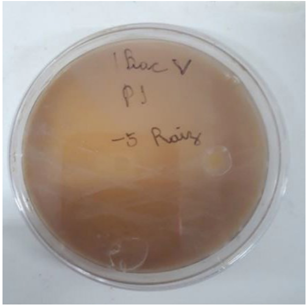


Figura 1 - Bactéria 01VP1R-5



Figura 2 - Bactéria 02AMLP1S-3



Figura 3 - Bactéria 03IAP1R-5



Figura 4 - Bactéria 08Y2P1S-3



Figura 5 – Bactéria 06TRVP1R-4

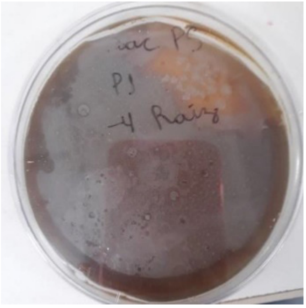


Figura 6 - Bactéria 09PSP1R-4



Figura 7 – Bactéria
07NP1S-4



Figura 8 – Bactéria
05CP1R-5



Figura 9 – Bactéria
04OP2R-5

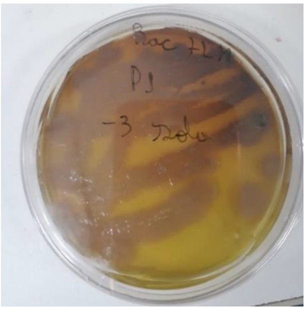


Figura 10 - Bactéria
10FLMP1S-3

massa seca da parte aérea (MSPA) e a massa seca do sistema radicular (MSSR). Nessas avaliações, observou-se que para o parâmetro da massa fresca da parte aérea (MFPA) e do sistema radicular (MFSR) a bactéria inoculada 04OP2R-5 (Figura 4) foi a que apresentou o maior valor em relação às demais, com 1,01% e 0,565% de média respectivamente. Já para o parâmetro da massa seca da parte aérea (MSPA), pôde-se observar também que a mesma bactéria obteve o melhor resultado, com 0,32%. E para a massa seca do sistema radicular (MSSA), a bactéria inoculada 03IAP1R-5 (Figura 3) foi a que obteve o maior valor, com 0,13% de média. Esses resultados obtidos estão associados na Tabela 03.

CARACTERIZAÇÃO CULTURAL DE BACTÉRIA										
ISOLADO	**CARACTERÍSTICAS**								**KING B**	
	***AMC**	***TC**	***T (mm)**	***C**	***PM**	***CM**	***F**	***B**	***DO**	***E**
25LP1-5	-	L	3	M	Ab	S	I	O	Op	Pl
01VP1R-5	-	L	2	B	P	V	C	In	Op	Pl
20ELAP2S-3	-	L	2	B	Mo	G	C	In	Op	Pl
21BLP2S-5	-	L	5	B	Ab	V	I	O	Op	Pl
23DP1R-5	-	L	4	B	Mo	S	C	In	Op	Pl
24IP1R-5	-	L	2	La	Mo	S	I	D	Op	Pl
28ASP2R-5	-	L	3	La	P	S	C	O	Op	Pl
04OP2R-5	-	L	3	La	P	V	C	In	Op	Cv
05CP1R-5	-	-	3	La	Mo	G	C	In	Op	Pl

*Alteração do meio de cultura (AMC): Al – Alcalino, Ac – Ácido, NE – Neutro;
*Tempo de crescimento (TC): M.R – muito rápido, R – rápido, L – lento;
*Tamanho (T), Coloração (C): A – amarela, B – branca, La – laranja, M – marrom;
*Produção de muco (PM): P – pouca, Mo – moderada, Ab – Abundante;
*Consistência do muco (CM): S – seca, G – gomosa e V – viscosa;
*Forma da colônia (F): C – circular, I – irregular;
*Borda (B): In – inteira, O – ondulada, D – denteada;
*Detalhe Óptico (DO): Op – opaca, Tl – translúcida;
*Elevação (E): Pl – plana, L – lente, Cv – convexa.

Tabela 03 - Caracterização Fenotípica dos Isolados

Fonte: Elaboração dos autores.

CARACTERIZAÇÃO CULTURAL DE BACTÉRIA										
ISOLADO	**CARACTERÍSTICAS**								**YMA 79**	
	***AMC**	***TC**	***T (mm)**	***C**	***PM**	***CM**	***F**	***B**	***DO**	***E**
06TRVP1R-4	Al	L	3	B	Ab	V	I	O	Op	Cv
11BRP2R-3	Ne	L	3	B	P	S	C	O	Op	Pl
29CSP2R-3	Ac	L	3	A	Ab	G	I	O	Op	Cv
30PAP2R-3	Ac	L	4	A	Ab	V	I	O	Op	Cv
22VSP2R-4	Ne	L	2	B	P	S	C	O	Op	Pl
16ISP2R-4	-	L	2	B	P	S	C	In	Tl	Pl
12RP2R-3	-	L	3	B	P	S	C	In	Op	Cv

*Alteração do meio de cultura (AMC): Al – Alcalino, Ac – Ácido, NE – Neutro;
*Tempo de crescimento (TC): M.R – muito rápido, R – rápido, L – lento;
*Tamanho (T), Coloração (C): A – amarela, B – branca, La – laranja, M – marrom;
*Produção de muco (PM): P – pouca, Mo – moderada, Ab – Abundante;
*Consistência do muco (CM): S – seca, G – gomosa e V – viscosa;
*Forma da colônia (F): C – circular, I – irregular;
*Borda (B): In – inteira, O – ondulada, D – denteada;
*Detalhe Óptico (DO): Op – opaca, Tl – translúcida;
*Elevação (E): Pl – plana, L – lente, Cv – convexa.

Tabela 04- Caracterização Fenotípica de Isolado

Nessa primeira etapa, conforme tabela 05 não foram encontrados valores significativos, pois os dados não diferiram estatisticamente. Resultados semelhantes foram encontrados por RICCI et al., (2005) em mudas de Café Arábica, isso se dá devido ao curto prazo de coleta das amostras.

Tratamento	MFPA[1] (g)	MFSR[2] (g)	Vol R[3] (ml)	MSPA[4] (g)	MSSR[5] (g)
01VP1R-5	0,655000 a	0,362500 a	3,000000 a	0,225000 a	0,110000 a
02AMLP1S-3	0,862500 a	0,405000 a	2,000000 a	0,302500 a	0,112500 a
03IAP1R-5	0,840000 a	0,490000 a	2,000000 a	0,270000 a	0,135000 a
04OP2R-5	1,010000 a	0,565000 a	2,000000 a	0,320000 a	0,130000 a
05CP1R-4	0,720000 a	0,250000 a	1,000000 a	0,242500 a	0,080000 a
06TRVP1R-4	0,790000 a	0,470000 a	3,000000 a	0,267500 a	0,100000 a
07NP1S-3	0,777500 a	0,402500 a	1,000000 a	0,230000 a	0,085000 a
08Y2P1S-3	0,880000 a	0,350000 a	0,500000 a	0,310000 a	0,095000 a
09PSP1R-4	0,775000 a	0,392500 a	1,000000 a	0,230000 a	0,097500 a
10FLMP1S-3	0,717500 a	0,310000 a	2,000000 a	0,237500 a	0,095000 a
Placebo	1,010000 a	0,227500 a	2,000000 a	0,270000 a	0,110000 a
Ureia	0,762500 a	0,435000 a	0,500000 a	0,325000 a	0,070000 a
CV (%)	27,81	37, 30	0,00	29,74	39,59

1 Massa Fresca da Parte Aérea;
2 Massa Fresca Da Raiz
3 Volume da Raiz;
4 Massa Seca da Parte Aérea;
5 Massa Seca do Sistema Radicular.

Tabela 05- Resultados dos parâmetros analisados após a inoculação dos tratamentos. Médias não diferem pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa apresentou resultados positivos quanto a biodiversidade presente em solo rizosférico de plantas de café Conilon, resultando em uma biblioteca bacteriana com caracterizas distintas. No qual carece de estudos mais aprofundados para identificar as promotoras de crescimento vegetal.

Com a realização da inoculação dos 10 isolados selecionados nas mudas do cafeeiro Conilon, concluir-se que houve resultados, porém não apresentaram variância significativa. Isso pode ser justificado pelo fato do curto prazo para a realização e conclusão do presente trabalho, onde a coleta das plantas foi realizado em apenas duas semanas após a inoculação.

REFERÊNCIAS

AMARAL, J. F. T. do; PREZOTTI, L. C.; TOMAZ, M. A.; RODRIGUES, W. N.; MARTINS, L. D.; JESUS JUNIOR, W. C. **Fertilização do Cafeeiro Visando o Desenvolvimento Sustentável**. In: M. A.; Amaral J. F. T.; Junior W. C. J.; Fonseca A. F. A; Ferrão R. G.; Ferrão M. A. G; Martins L. D; Rodrigues W. N.; (Org.). Inovação, Difusão e Integração Bases para a Sustentabilidade da Cafeicultura. 1ed.Alegre: CAUFES, 2012.

BATISTA, B. D.; **A promoção do cresciento do milho *(Zea Mays L.)* por rizobactérias associadas à cultura do guaranazeiro *(Paullinia Cupana Var Sorbilis)*** Piracicaba, 2012.

BHATTACHARJEE, R.B: SINGH. A. MUKHOPADHYAY, S.N. **Use of nitrogen- fixing bacteria as biofertilizer for non-legumes: prospects and challenges. Applied and Microbiological Biotechnology.** New York, v. 80, p. 199-209, 2008.

BRAGANÇA, S. M.; PRIETO MARTINEZ, H. E.; LEITE, H. G.; SANTOS, L. P.; SEDIYAMA, C. S.; ALVAREZ V. V. H.; LANI, J. A. **Accumulation of Macronutrients for the Conilon Coffee Tree.** Journal Plant Nutrition, v. 3, n. 1, p. 103-120, 2008.

BRATTACHARYYA, P. N. E JHA, D. H. (2012). **Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. World Journal of Microbiology and Biotechnology,** 28, 1327-1350. Disponível em: http://dx.doi. org/10.1007/s11274-011-0979-9.

BRAGANÇA, S. M.; PREZOTTI, L. C.; LANI, J. A. **Nutrição do Cafeeiro Conilon**. In: Ferrão R. G.; Fonseca A. F. A.; Bragança, S. M.; Ferrão, M.; A.; G.; De Muner, L. H. (Eds.). Café Conilon. Vitória, Seag/Incaper. 2017. p. 327-345.

CASSÁN, F.; SGROY, V.; PERRIG, D.; MASCIARELLI, O.; LUNA, V.; **Producción de fitohormonas por Azospirillum sp. Aspectos fisiológicos y tecnológicos de la promoción del crecimiento vegetal**. In: CASSÁN F.D.;

COELHO, L.F. **Interação de Pseudomonas spp. e de Bacillus spp.com diferentes Rizosferas.** 2006. 71p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico, Campinas, 2006.

CONAB. Companhia nacional de abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de café, 2014. **Cafés do Brasil.** Brasília, DF: SPC/CONAB, 2014. 61 p.

_____. Compêndio de Estudos Conab/ A Cultura do Café: **Análise dos Custos de Produção e da Rentabilidade nos Anos-Safra 2008 A 2017/** v.12, 2017. 54p.

_____. **Acompanhamento da safra brasileira de café**. Maio. vol. 35, 2019.

_____. **Acompanhamento da safra brasileira de Cafés do Brasil**. Safra de 2018: MAPA – SPC-CONAB, dez. 2018

CHAGAS JUNIOR A. F. C ., OLIVEIRA L. A., OLIVEIRA A. N., WILLERDING A. L. **Capacidade de solubilização de fosfatos e eficiência simbiótica de rizóbios isolados de solos da Amazônia** Maringá, v. 32, n. 2, p. 359-366, 2010

CLEMENTE, J. A.; MARTINEZ, H. E. P.; ALVES, L. C.; LARA, M. C. R. **Effect of N and K doses in nutritive solution on growth, production and coffee bean size.**
Revista Ceres, v. 60, n. 2, p. 279-285, 2013.

DA MATTA, F. M.; RONCHI, C. P.; MAESTRI, M; BARROS, R. S. **Ecophysiology of coffee growth and production. Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.19. 2007. p. 485-510. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677042020070004014>. Acesso em: 29 mar.2019.

DÖBEREINER, J.; BALDANI, J.I., BALDANI, V.L.D. Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não leguminosas. Brasília, **Embrapa- SPI/Seropédica**, Embrapa-CNPAB, 1995. 60p.

FERREIRA, Daniel Furtado. 2008. **SISVAR: a program for statistical analysis and teaching.** Ciênc. agrotec. vol.35 no.6 Lavras Nov./Dec. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413705420110001>. Acesso em: 20 abr.2019.

GOMES, M. A. F.; SOUZA M. D, BOEIRA R. C.; TOLEDO L. G. **Nutrientes vegetais no meio ambiente: ciclos bioquímicos, fertilizantes e corretivos.** – 2 ed. rev. amp. – Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2008.

HARA, F. A. S.; OLIVEIRA, L. A. **Características Fisiológicas e ecológicas de isolados de rizóbios oriundos de solos ácidos de Iranduba, Amazonas.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 40, n. 7, p. 667-672, 2005

HARIPRASAD, P.; NIRANJANA, S. R. **Isolation and characterization of phosphate solubilizing rhizobacteria to improve plant health of tomato**. Plant Soil, The Hague, v. 316, 1. 1-3, p. 13-24, 2009.

HERRIDOHDE ROUOHLEY **Arate in colony clharacteristics and symbiotic eftectiveness in the Rhizobion Journal of Applied Bacteriology.** Oxford. 38 p.19-27 1975

HUNGRIA M., SILVA K., **Manual de Curadores de Germoplasma Promotoras do Crescimento Vegetal.** Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2011 21 p Documentos / Embrapa Soja, 332). Microorganismos Rizóbios e Bactérias Documentos Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 333.

INCAPER, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. **Café Conilon**. Disponível em:< https://incaper.es.gov.br/cafeicultura-Conilon>. Acesso em: 25 mar.2019.

KING, E. O., M. K. Ward, and E. E. Raney. 1954. **Two simple media for the demonstration of pyocyanin and fluorescein.** J. Lab. Clin. Med. 44:301-307

KLOEPPER, J. W.; SHROTH, M. N. In **promoting rhizobacteria on radishes. In: International Conference of Plant Pathogenic Bacteria**, 6., 1978, Angers. Proceedings... Angers: [s.n.], 1978. P 879-882.

LOPES, M.A. **Fósforo é nutriente vital e finito para a agricultura, diz engenheiro agrônomo. Revista Globo Rural,** nov, 2018. Disponível em:<https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Agricultura/noticia/2018/11/fosforo- e-nutriente-vital-e-finito-para-agricultura-diz-engenheiro-agronomo.html> Acesso em: 02 nov.2019.

LOPÉZ A. P. **Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal**. La Laguna, Facultad de Ciencias Seccion De Bioligía, 2017**.**

MAFIA R. G.; Rizobactérias como Promotoras do Enraizamento, Crescimento e como Agentes de Biocontrole de Doenças da Propagação Clonal do Eucalipto. Viçosa, UFV, 2004.

MARIANO, R. L. R.; KLOEPPER, J. W. **Método alternativo de biocontrole: resistência sistêmica induzida por rizobactérias.** Revisão Anual de Patologia de Plantas, Passo Fundo, n. 8, p. 121-137, 2000.

MARTINS LM.V.. RUMJANEK N.G.; NEVES, M. C. P. **Diversity of Cowpea Nodulating Rhizobia Isolated From the Semi- arid Northeastern Region of Brasil.** Anais da Academia brasileira de Ciências, Rio De Janeiro v. 67 (Supl. 3), p.467-471, 1995.

MENDES I. C.; JUNIOR F. B. R.; HUNGRIA M.; FERNANDES M. F.; CHAER G. M.; MERCANTE F. M.; ZELLI J. É., **Microbiologia do Solo e Sustentabilidade De Sistemas Agrícolas**. In: FALEIRO F. G.; ANDRADE S. R. M.; JUNIOR F. B. R. Biotecnologia Estado da Arte e Aplicação na Agropecuária. Embrapa 1ed, Planaltina-DF 2011.

MESSA. L.L.; FROES J. D; SOUZA C F; FAEZ R. **Híbridos De Quitosana-Argila Para Encapsulamento E Liberação Sustentada Do Fertilizante Nitrato De Potássio**. São Paulo, Quim. Nova, Vol. 39, No. 10, 1215-1220, 2016

MIKANOVÁ, O.; NOVÁKOVÁ, J. **Evaluation of the Psolubilizing activity of soil microorganisms and its sensitivity to soluble phosphate**. Rostlinná Výroba, v. 48, n. 9, p. 397-400, 2002.

MISHRA, M. K.; SLATER, A. **Recent advances in the genetic transformation of coffee. Review article. Biotechonolgy Researche International**. 2012. 17p

MOREIRA, Fatima Maria de Souza; et. al. **Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações.** Comunicata Scientiae. v.1(2): 74-99, 2010.

OLIVEIRA Z. M.; **Rizobactérias Promotoras de Crescimento Vegetal, Isoladas De Cana-de-Açúcar Sob Fertilização Orgânica e/ou Convencional.** São Paulo, 2009.

PEREZ, E.; SULBARÁN, M.; BALL, M.M.; YARZÁBAL, L.A. **Isolation and characterization of mineral phosphate-solubilizing bacteria naturally colonizing a limonitic crust in the south-eastern Venezuelan** region. Soil Biology and Biochemistry, v.39, p.2905-2914, 2007.

PREZOTTI, L. C., OLIVEIRA, J. A., GOMES, J. A. e DADALTO, G. G. **“**Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo: 5a aproximação”**. 2013.**

PUGGINA, W. A., ISHERWOOD K. F., **Mineral Fertilizer Use and the Environment. By Intemational Ferlizer Industry** Association. Paris, February 2000, 64 p.

RICCI, M. S. F.; COSTA, J. R.; REIS, M. V.; OLIVEIRA, F. F. dos; SILVA, F. M.; RODRIGUES, L. F. C. **Promoção de Crescimento de Mudas de Café (Coffea arabica) Inoculadas com Azospirillum brasilense Estirpe Cd**. Circular técnico. Seropédica, RJ, março, 2005.

RONCHI C. P.; DAMATTA F. M. **Aspectos fisiológicos do café Conilon.** In: Ferrão R. G.; Fonseca A. F . A.; Bragança, S. M.; Ferrão, M.; A.; G.; De Muner, L. H. (Eds.). Café Conilon. Vitória, Seag/ Incaper. 2017. p. 103-129.

SILVA, O. M. da.; LEITE, C A. M. **Competitividade e custo do cafe no Brasil e no exterior**. In: ZAMBOLIN, L. (Ed.). Café: produtividade, qualidade e sustentabilidade. Viçosa, MG: UFV, p. 27-50. 2000.

SILVA, A. E. S. da.; MASO, L. J.; COSTA, E. B. da.; BASSANI, L. A.; GALEANO, E. A. V. **Importância Econômica e Social do Café Conilon no Estado do Espírito Santo.** In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. da.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H. (Ed.). Café Conilo. 2 ed. atual. ampli. Vitória, ES: Incaper, p. 55-67, 2017.

SYLVESTER BRADLEY, R.; ASAKAWA, N.; LA TORRACA, S.; MAGALHÃES, F.M.M.; OLIVEIRA, L.A.; PEREIRA, R.M. **Quantitative survey of phosphate solubilizing microorganisms in the rhizosphere of grasses and legumes in the Amazon**. Acta Amazônica, v.12, p.15 22, 1982.

TORRES, A. C.; FERREIRA, A. T.; SÁ, F. G.; BUSO, J. A.; CALDAS, L. S.; NASCIMENTO, A. S.; BRÍGIDO, M. M.; ROMANO, E. **Glossário de biotecnologia vegetal.** Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2000. 128 p.

VESSEY, J.K. (2003) **Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant Soil** 255:571–586.

VINCENT, J. M. **A manual for the practical study of root nodule bacteria.** Oxford, UK: Blackwell Scientific, 1970. 164 p. (International Brological Program Handbook, 15

WELLER, D.M.; RAAIJMAKERS, J.M.; GARDENER, B.B.; THOMASHOW, L.S. **Microbial populations responsible for specific soil suppressiveness to plant pathogens**. Annu Rev. Phytopathol 40:309–348; 2002.

CAPÍTULO 16

COMPARAÇÃO ENTRE A ANTIGA E A NOVA CLASSIFICAÇÃO TOXICOLÓGICA DOS AGROTÓXICOS UTILIZADOS NA CULTURA DA MAÇÃ NO MUNICÍPIO DE VACARIA/RS

Data de aceite: 01/04/2021
Data de submissão: 19/02/2021

Nilva Lúcia Rech Stedile
Pós-doutorado em Informação e Comunicação em Saúde do ICICT/Fiocruz
Universidade de Caxias do Sul
Caxias do Sul/RS
http://lattes.cnpq.br/4657265813810622

Cassiano da Costa Fioreze
Universidade de Caxias do Sul. Bolsista de iniciação científica (BIC-UCS) no projeto intitulado O uso de agrotóxicos na agricultura familiar e suas implicações à saúde dos agricultores e à saúde ambiental
Caxias do Sul/RS
http://lattes.cnpq.br/1690096978406061

Fernanda Meire Cioato
Universidade de Caxias do Sul. Bolsista de iniciação científica (PIBIC-CNPq) no projeto intitulado Proposição e Implementação de um Projeto de Educação Ambiental – Fase 2. Bolsista do Programa de Educação pelo Trabalho para a Saúde PET-Saúde/Interprofissionalidade do Ministério da Saúde e da Educação
Caxias do Sul/RS
http://lattes.cnpq.br/1264212472490699

Tatiane Rech
Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais
Universidade de Caxias do Sul
Caxias do Sul/RS
http://lattes.cnpq.br/0924974357827614

RESUMO: Com o crescimento e desenvolvimento do cultivo da maçã, na Serra Gaúcha, surge a Associação Gaúcha de Produtores de Maçã (AGAPOMI). A Associação disponibiliza para cada ciclo de produção ou safra uma grade de agrotóxicos indicados. Os agrotóxicos são classificados de acordo com seu potencial toxicológico em cinco categorias (I, II, III, IV e V). O objetivo deste estudo é comparar o grau de toxicidade dos agrotóxicos indicados pela AGAPOMI nos ciclos 2016/2017 e 2020/2021, segundo a antiga e a nova classificação toxicológica aprovada pela ANVISA em 2019. Trata-se de um estudo documental, no qual foram utilizadas informações presentes nas fichas técnicas dos agrotóxicos indicados para as safras de 2016/2017 e 2020/2021. Posteriormente foram selecionadas e analisadas as categorias dos agrotóxicos (fungicidas, inseticidas e acaricidas, feromônios, herbicidas e reguladores do crescimento) e a respectiva classe toxicológica a que pertencem, a fim de comparar alterações em relação a nova classificação. Os dados foram organizados em uma tabela do Excel, tratados por estatística descritiva e apresentados na forma quadros e figura. Os resultados mostram que o número de agrotóxicos referentes aos fungicidas têm aumentado nas Categorias 1 e 2 com a nova classificação. É importante destacar a diminuição nas duas safras analisadas, do percentual de agrotóxicos na Categoria 3. Os inseticidas/acaricidas tiveram aumento de produtos indicados no ciclo de 2016/2017 em relação ao de 2020/2021 em todas as classificações toxicológicas. Este fato representa elevação de riscos à saúde. A classificação toxicológica é

importante por permitir caracterizar os efeitos tóxicos e facilitar a tomada de decisões sobre a utilização desses produtos, todavia a nova categorização impõe o debate sobre as falhas na comunicação a respeito dos riscos sobre os agrotóxicos, especialmente em relação aos agricultores.
PALAVRAS-CHAVE: Agrotóxicos; Toxicologia; Saúde ambiental.

COMPARISON BETWEEN THE OLD AND THE NEW TOXICOLOGICAL CLASSIFICATION OF PESTICIDES USED IN APPLE CULTURE IN THE MUNICIPALITY OF VACARIA/RS

ABSTRACT: With the growth and development of apple cultivation, in the Serra Gaúcha, the Associação Gaúcha de Produtores de Maçã (AGAPOMI) was created. The Association makes available for each production cycle or harvest a range of indicated pesticides. Pesticides are classified according to their toxicological potential in five categories (I, II, III, IV and V). The objective of this study is to compare the toxicity degree of pesticides indicated by AGAPOMI in the 2016/2017 and 2020/2021 cycles, according to the old and the new toxicological classification approved by ANVISA in 2019. This is a documentary study, in which information from the technical files of the pesticides indicated for the 2016/2017 and 2020/2021 harvests was used. Subsequently, the categories of pesticides (fungicides, insecticides and acaricides, pheromones, herbicides and growth regulators) were selected and analyzed and the respective toxicological class to which they belong, in order to compare changes in relation to the new classification. The data were organized in an Excel table, treated by descriptive statistics and presented in the form of tables and figure. The results show that the number of pesticides related to fungicides has increased in Categories 1 and 2 with the new classification. It is important to highlight the decrease in the two analyzed harvests, in the percentage of pesticides in Category 3. The insecticides/acaricides had an increase in products indicated in the 2016/2017 cycle in relation to 2020/2021 in all toxicological classifications. This fact represents an increase in health risks. The toxicological classification is important because it allows the characterization of toxic effects and facilitates decision making on the use of these products, however the new categorization imposes a debate on the failures in communication regarding the risks on pesticides, especially in relation to farmers.
KEYWORDS: Pesticides; Toxicology; Environmental health.

INTRODUÇÃO

Atualmente o Brasil é um dos maiores produtores agropecuários do mundo e o segundo país que mais exporta esses produtos. Para manter essa produção, o setor agrícola e da pecuária utilizam intensamente insumos químicos, como fertilizantes e agrotóxicos (CARNEIRO et al., 2015).

A região da Serra Gaúcha, em especial Vacaria, destaca-se pelas suas produções e também pelas suas exportações de produtos advindos do campo. A produção de maçã na Serra Gaúcha teve início nos meados do século XX. Segundo a Associação Gaúcha de Produtores de Maçã (AGAPOMI), o município de Vacaria vem se destacando nos últimos

anos como maior produtor e exportador de maçã na Serra Gaúcha e do no Brasil. No último relatório da AGAPOMI (2019/2020), o munícipio de Vacaria produziu 253.052 mil toneladas de maçãs, seguida pelos municípios de Bom Jesus e Caxias do Sul.

A AGAPOMI disponibiliza anualmente uma lista dos agrotóxicos que poderão ser utilizados na cultura da maçã no respectivo ano (AGAPOMI, 2016). Conforme o Decreto nº 4.074/2002 (BRASIL,2002), no art. 1º entende-se por agrotóxicos e afins:

> IV- produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos; substâncias e produtos, empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento [...].

Segundo Bombardi (2017), o consumo de agrotóxicos no Brasil passou de 170.000 toneladas no ano de 2000, para 500.000 toneladas em 2014, representando um aumento de 135% em um período de 15 anos. A autora aponta que a região Sul consome em média cerca de 224,910 toneladas de agrotóxicos por ano e, em especial, o Rio Grande do Sul usa em média 9,5kg de agrotóxicos por hectare.

Carneiro et al., (2015) apontam que o Brasil é um grande consumidor de agrotóxicos e que, de acordo com dados da Anvisa e do Observatório da Indústria dos Agrotóxicos da Universidade Federal do Paraná, o uso dos agrotóxicos nos últimos anos de forma mundial cresceu em 93% e no Brasil seu crescimento correspondeu a 190%.

Devido a esse uso exacerbado de agrotóxicos, conforme a Associação Brasileira de Saúde Coletiva (ABRASCO), o Brasil lidera o ranking mundial de maior consumidor de agrotóxicos desde 2008, aumentando os riscos de contaminação e intoxicações, constituindo-se um problema de saúde pública, por afetar simultaneamente à Saúde Humana e Ambiental (LONDRES, 2011; CARNEIRO et al., 2015).

Os agrotóxicos são classificados quanto a sua finalidade, grupo químico e toxicidade. A toxicidade é a capacidade de uma substância química causar efeitos adversos em organismos vivos. Essa toxicidade é caracterizada por outros dois fatores: a Dose Letal Mediana (DL50); e a Concentração Letal Média (CL50), através da exposição inalatória, oral e dérmica, que avalia a quantidade em miligramas de produto tóxico capaz de matar 50% ou mais dos animais expostos no ensaio clínico (BRASIL, 2006).

Até o ano de 2018, a Classificação Toxicológica era dividida em quatro classes: I – Extremamente tóxico (cor vermelha), II – Altamente tóxico (cor amarela), III – Mediamente tóxico (cor azul), IV – Pouco tóxico (cor verde). Para cada classe eram utilizadas cores, sendo: vermelho para a classe extremamente tóxica; amarelo para a classe altamente tóxica; azul para a classe moderadamente tóxica; e a cor verde para pouco tóxica (EMBRAPA, 2016).

Atualmente a Anvisa (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) publicou a Resolução nº 2080 (2019), que dispõe sobre a reclassificação toxicológica dos agrotóxicos, que passou a adotar parâmetros toxicológicos com base nos padrões do Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals – GHS). A Agência avaliou 1.942 produtos e desses foram reclassificados 1924 (2014).

Conforme os parâmetros da GHS, a nova classificação toxicológica ficou dividida em cinco categorias: 1 - Produto extremamente tóxico (cor vermelha); 2 - Produto altamente tóxico (cor vermelha); 3 - Produto moderadamente tóxico (cor amarela); 4 - Produto pouco tóxico (cor azul); 5 - Produto improvável de causar dano agudo (cor azul); produto não classificados (cor verde). O Quadro 1 apresenta a comparação entre a antiga e nova classificação toxicológica quanto a classe/categoria toxicológica e as respectivas cores de identificação.

Classificação Toxicológica antiga				**Nova Classificação Toxicológica (GHS)**			
Classe	Grau	Quantidade de produtos	Cor da faixa	Classe	Grau	Quantidade de produtos	Cor da faixa
Classe I	Produto Extremamente Tóxico	-		Categoria 1	Produto Extremamente Tóxico	43	
				Categoria 2	Produto Altamente Tóxico	79	
Classe II	Produto Altamente Tóxico	-		Categoria 3	Produto Moderadamente Tóxico	136	
				Categoria 4	Produto Pouco Tóxico	599	
Classe III	Produto Moderadamente Tóxico	-		Categoria 5	Produto Improvável de Causar Dano Agudo	899	
				Não classificados	Produto Não Classificados	168	
Classe IV	Produto Pouco Tóxico	-		Não informado	Não informado	16	
				Não localizado	Não Localizado	2	

Quadro 1- Comparação entre a antiga e nova classificação toxicológica quanto a classe/categoria e cor representativa[1]

Fonte: elaborado pelos autores (2020) com base na ANVISA (2019).

1 Não foi possível fazer a quantificação dos agrotóxicos na classificação antiga, pois a Agência Nacional de Vigilância em Saúde não disponibiliza mais este conteúdo na sua plataforma digital.

A reclassificação, embora importante do ponto de vista internacional, desconsidera aspectos específicos como a quantidade de agrotóxicos utilizados e as formas de aplicação. Essa "flexibilização" na classificação dos agrotóxicos é preocupante, uma vez que mais de 85% os produtos passaram para as categorias 4, 5 e Não Classificados. Este dado permite levantar um questionamento: como um Produto Extremamente Tóxico passa a ser classificado como Produto Improvável de Causar Dano ou até mesmo sem nenhuma classificação?

Na classificação antiga utilizada para os agrotóxicos, os produtos eram classificados por causarem lesões e/ou irritações severas caso ocorresse contato com o indivíduo (pelas vias ocular e dérmica) e também caso ocorresse óbito; na nova classificação, são classificados como produtos extremamente tóxico apenas os que causarem óbito se em contato pelas vias oral, inalatória e/ou dérmica (HUPFFER; ENGELMANN; WEYERMÜLLER, 2020). Destaca-se que os agricultores estão expostos a vários produtos ao mesmo tempo e a intoxicação pode ocorrer por mais de uma via (diferentemente do que ocorre em pesquisas laboratoriais), simultaneamente, aumentando o risco de intoxicação.

Assim, essa reclassificação que culmina em nova classificação toxicológica acarreta em maiores riscos à saúde dos produtores rurais, uma vez que não seguem as indicações conforme a bula técnica, além de não usarem os equipamentos de proteção individual (EPI) necessários para aplicação (GILSON et al., 2020). Significa que esses necessitam de maior assistência técnica e ações educativas para o manejo correto e seguro dessas substâncias.

Diante desta problemática, o objetivo deste estudo é comparar o grau de toxicidade dos agrotóxicos indicados pela AGAPOMI nos ciclos de produção de 2016/2017 e 2020/2021, segundo a antiga e a nova classificação toxicológica aprovada pela Anvisa em 2019.

METODOLOGIA

O enquadre metodológico deste trabalho pode ser referido como documental, desenvolvido por meio da análise dos agrotóxicos utilizados no cultivo da maçã indicados e disponibilizados no site da AGAPOMI. A análise documental, baseada em Sá-Silva, Almeida e Guindani (2009), deve-se à análise preliminar de documentos (nesse caso fichas técnicas dos agrotóxicos que fazem parte do estudo), leitura em profundidade, identificação de informação de interesse, organização e interpretação dos dados, sintetização das informações, determinação de tendências e a inferência. Foram coletados os dados das grades de agrotóxicos na cultura da macieira dos ciclos de 2016/2017 e 2020/2021.

Os agrotóxicos utilizados nesse estudo são caracterizados como fungicidas, inseticidas e acaricidas, feromônios, herbicidas e reguladores de crescimento, registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e autenticados pela AGAPOMI. Essa entidade é referência para os associados que se constituem, no conjunto, como os

maiores produtores e exportadores brasileiros de maçã na Serra Gaúcha. A disponibilização da grade de agrotóxicos a serem utilizados como documento obrigatório para uso na Produção Integrada de Maçãs (PIM) baseia-se na legislação e nos estudos realizados constantemente, culminando na atualização frequente da lista, revisada e validada junto ao Agrofit uma vez ao ano, com vistas à redução dos riscos de toxicidade, especialmente para os seres humanos.

Foi utilizada a nova classificação toxicológica (Categoria 1 – Produto extremamente tóxico, Categoria 2 – Produto altamente tóxico, Categoria 3 – Produto moderadamente tóxico, Categoria 4 – Produto altamente tóxico, Categoria 5 – Produto improvável de causar dano agudo, Não classificados, Não informados e Não localizados) para classificação dos agrotóxicos na cultura do ciclo 2020/2021 e comparados com a classe toxicológica dos agrotóxicos utilizados no ciclo anterior - 2016/2017 -, que era baseado na antiga classificação (I – Extremamente tóxico, II – Altamente tóxico, III – Mediamente tóxico, IV – Pouco tóxico).

Para que a comparação fosse possível foram identificados os agrotóxicos comuns as listagens nas duas safras analisadas. O estudo da classificação toxicológica do ciclo 2016/2017 foi realizada a partir dos estudos de Stedile et al. (2017), que haviam categorizado os agrotóxicos utilizados naquela ocasião, denominado “Análise do grau de toxicidade dos agrotóxicos utilizados na produção integrada da maçã no município de Vacaria/RS”. A partir daquela listagem foram identificados os agrotóxicos ainda presentes para o ciclo 2020/2021, sendo os cálculos realizados a partir da nova listagem produzida.

Os dados foram organizados em uma planilha Excel e tratados estatisticamente por estatística descritiva, sendo apresentados na forma de quadros a classificação toxicológica por tipologia de agrotóxicos (fungicidas, herbicidas, inseticidas, feromônios e reguladores do crescimento) e um quadro apresentando uma análise quantitativa do total de agrotóxicos usados. Os dados ainda estão apresentados na forma de figura demonstrativa da comparação entre os Agrotóxicos indicados na produção da maçã pela AGAPOMI nas safras, segundo a classificação toxicológica.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados foram organizados segundo a classificação toxicológica, o ciclo de cultivo e o tipo de agrotóxicos, e estão distribuídos nos quadros a seguir.

O Quadro 2 contém os fungicidas utilizados em comum nos dois ciclos investigados.

Fungicidas usados nas duas safras analisadas	Classe	Cor	Categoria	Cor
Serenade	III	Azul	3	Amarelo
Calda Bordalesa*				
Calda Sulfocálcica*				
Captan SC	III	Azul	2	Vermelho
Orthocide 500	III	Azul	1	Vermelho
Alto 100	III	Azul	5	Azul
Unix 750 WG	III	Azul	5	Azul
Fegatex 100 SL	III	Azul	1	Vermelho
Bravonil Ultrex	I	Vermelho	1	Vermelho
Isatalonil 500 SC	II	Amarelo	2	Vermelho
Previnil	I	Vermelho	1	Vermelho
Stroby SC	III	Azul	N.C.	Verde
Prisma	I	Vermelho	1	Vermelho
Score	I	Vermelho	1	Vermelho
Delan	I	Vermelho	1	Vermelho
Dodex 450 SC	I	Vermelho	5	Azul
Kumulus DF	IV	Verde	5	Azul
Kumulus DF-AG	IV	Verde	4	Azul
Frowncide 500 SC	II	Amarelo	2	Vermelho
Legacy 500 SC	II	Amarelo	2	Vermelho
Zignal 500 SC	I	Vermelho	1	Vermelho
Orkestra SC	III	Azul	4	Azul
Folpan Agricur 500 WP	IV	Verde	5	Azul
Aliette	IV	Verde	4	Azul
Garra 450 PM	IV	Verde	4	Azul
Supera	III	Azul	5	Azul
Dithane NT	III	Azul	3	Amarelo
Fortuna 800 WP	III	Azul	2	Vermelho
Mancozeb Sipcam	III	Azul	2	Vermelho
Manzate 800	I	Vermelho	1	Vermelho
Persist SC	III	Azul	3	Amarelo
Unizeb 800 WP	I	Vermelho	1	Vermelho
Unizeb Gold	IV	Verde	1	Vermelho
Vondozeb 800 WP	I	Vermelho	1	Vermelho
Manzate WG	I	Vermelho	1	Vermelho
Cuprozeb 1	IV	Verde	4	Azul
Polyram DF	III	Azul	3	
Systhane EC	I	Vermelho	1	Vermelho

Cobre Atar BR	IV	Verde	4	Azul
Cabrio Top	III	Azul	4	Azul
Comet 250 EC	II	Amarelo	3	Amarelo
Mythos	III	Azul	3	Amarelo
Antracol 700 WP	II	Amarelo	2	Vermelho
Sulfato de Cu Microsal	IV	Verde	4	Azul
Orius 250 EC	III	Azul	1	Vermelho
Domark 100 EC	II	Amarelo	4	Azul
Cercobin 700 WP	I	Vermelho	1	Vermelho
Metiltiofan	III	Azul	3	Amarelo
Flint 500 WG	III	Azul	1	Vermelho
Trifmine	IV	Verde	4	Azul
Nativo	III	Azul	3	Amarelo

*Herbicidas utilizadas na cultura orgânica sem classificação toxicológica

Quadro 2 – Distribuição dos agrotóxicos fungicidas indicados no cultivo da maçã nas duas safras analisadas

Fonte: elaborado pelos autores (2021), com base em AGAPOMI (2021).

O Quadro 2 mostra que dos 51 agrotóxicos usados em ambos os ciclos (ou safras), 19 sofreram alterações na classificação toxicológica. Destes, oito tiveram uma classificação como mais tóxicos e 11 como menos tóxicos. Isso significa que há um maior número de agrotóxicos antes considerados alta ou moderadamente tóxicos que passaram para classificações mais brandas do que o inverso. Há que se considerar também que a alteração das cores, conforme mostra o Quadro, pode confundir o agricultor acostumado aos padrões anteriores de identificação. Por exemplo, o Dodex 450 SC mudou de cor vermelha para azul, sendo na classificação anterior considerado um produto extremamente tóxico e na nova um produto improvável de causar dano agudo. A presença da cor azul pode diminuir ainda mais os cuidados do agricultor no manejo dos agrotóxicos, representando risco aumentado de intoxicação humana e ambiental.

Conforme Gurgel e Friedrich (2019, p.4), a mudança de cores no sistema de classificação pode dar o “entendimento que o produto teve sua toxicidade diminuída e que, portanto, medidas de cuidado no uso não são mais tão necessários”. Isso se agrava na perspectiva que o agricultor já tenha consolidado um entendimento das cores conforme classificação anterior.

Ainda foram incluídos no ano de 2020/2021, 16 novos fungicidas, destes, 31,25% correspondem a Categoria 1 (produto extremamente tóxico), 25% correspondem a Categoria 3 (produto moderadamente tóxico) e 18,75% a Categoria 5 (produto improvável de causar dano agudo). Vale ressaltar ainda que do ano 2016/2017 para o ano 2020/2021

foram excluídos quatro agrotóxicos, sendo que dois correspondem a Classe 3 (produto moderadamente tóxico) e dois a Classe 4 (produto pouco tóxico).

No Quadro 3 contém os inseticidas utilizados em comum nos dois ciclos investigados indicados no ano de 2016/2017 e 2020/2021.

Agrotóxico	Classe	Cor	Categoria	Cor
Abamectin Nortox	III	Azul	3	Amarelo
Kraft 36 EC	I	Vermelho	1	Vermelho
Mospilan 200SP	III	Azul	3	Amarelo
Dipel WG	II	Amarelo	2	Vermelho
Sevin 480 SC	III	Azul	3	Amarelo
Altacor	III	Azul	3	Amarelo
Lorsban 480 BR	I	Vermelho	1	Vermelho
Pyrinex 480 EC	I	Vermelho	1	Vermelho
Record 480 EC	I	Vermelho	1	Vermelho
Delegate	III	Azul	3	Amarelo
Envidor 240 SC	III	Azul	3	Amarelo
Trebon 100SC	III	Azul	3	Amarelo
Sumithion 500 EC	II	Amarelo	2	Vermelho
Ortus 50 SC	II	Amarelo	2	Vermelho
Cascade 100EC	I	Vermelho	1	Vermelho
Imidan 500 WP	I	Vermelho	1	Vermelho
Malathion 1000 EC Cheminova	I	Vermelho	1	Vermelho
Supration 400EC	I	Vermelho	1	Vermelho
Rimon 100 EC	I	Vermelho	1	Vermelho
Assist EC	IV	Verde	4	Azul
Triona EC	IV	Verde	4	Azul
Sanmite	I	Vermelho	3	Amarelo
Tiger 100 EC	I	Vermelho	1	Vermelho
Mimic 240 SC	IV	verde	4	Azul

Quadro 3 - Comparação dos agrotóxicos inseticidas indicados no cultivo da maçã nas duas safras analisadas

Fonte: elaborado pelos autores (2021), com base em AGAPOMI (2021).

Observa-se no Quadro 3 que houve apenas uma modificação na classificação toxicológica. Entretanto, nas cores que representam a classificação toxicológica houve uma mudança significativa, o que pode se converter em risco. Diversos estudos apontam que grande parte dos agricultores não possuem ensino fundamental completo e seguem apenas as informações visuais, e isso pode acarretar a uma diminuição dos cuidados

a serem utilizados ao manusearem os agrotóxicos. Estudos realizados por Faria et al., (2016), realizado no município de Bento Gonçalves com 290 agricultores, afirmam que destes 60,3% não possuem ensino fundamental completo. Em outro estudo mais recente, realizado por Murakami et al., (2017), dos agricultores entrevistados, 75,7% tinham apenas quatro anos de estudos. Piccolli (2019), afirma em um de seus estudos que dos 50 agricultores entrevistados, 48% não fazem a leitura da bula durante aplicação no dia a dia; a autora ressalta ainda que nos estudos realizados por BOHNER et al., (2013), 70% dos entrevistados não conseguem compreender a bula.

Foram indicados no último relatório 13 novos inseticidas e destes 61,53% correspondem a Categoria 3 (produto moderadamente tóxico) e 30,76% correspondem a Categoria 1 (produto altamente tóxico).

A seguir, o Quadro 4 dispõe os feromônios indicados nos anos de 2016/2017 e 2020/2021 pela AGAPOMI.

Agrotóxico	**Classe**	**Cor**	**Categoria**	**Cor**
Cetro	IV	Azul	N.C	Verde
Biolita	IV	Azul	4	Azul
Splat Grafo	IV	Azul	N.C	Verde
Splat Cida Grafo Bona	IV	Azul	N.C	Verde
Splat Grafo Bona	IV	Azul	N.C	Verde

Quadro 4 - Comparação dos feromônios indicados no cultivo da maçã nas duas safras analisadas

Fonte: elaborado pelos autores (2021), com base em AGAPOMI (2021).

Os insumos feromônios, que também são indicados para o cultivo da maçã, foram os que mais sofreram alterações quanto à sua Classificação Toxicológica. Percebe-se no Quadro que 90% desses produtos passaram a ser substâncias Não Classificadas. Isso mostra claramente que, diante da nova classificação, houve uma flexibilização na classificação dos agrotóxicos que antes eram tidos como Produto Moderadamente Tóxico e agora passaram a receber uma classificação mais branda.

O sistema de Classificação GHS segue um padrão internacional e também mais restritivo, no entanto, a Anvisa ressalta que a nova classificação dos produtos poderá ter uma classificação mais branda a produtos antes classificados como muito tóxico (HUPFFER; ENGELMANN; WEYERMÜLLER, 2020). Esse fato coloca novamente o questionamento se seria “mais seguro” produtos com classificações severas passarem a receber classificação branda. Considerando ainda que o uso de EPIs é realizado de forma inadequada por agricultores em todo o País, essas mudanças, se não acompanhadas de

educação ambiental e assessoria técnica, pode colocar em risco à saúde do agricultor, dos consumidores e provocar contaminação ambiental, comprometendo a água, o solo e o ar.

Em um estudo realizado com agricultores que cultivam alho e uva no município de São Marcos, dos 56 entrevistados, apenas 17,85% dos trabalhadores usavam a totalidade de EPIs indicados (8), sendo os mais utilizados a bota (93%), a luva (82%) e a calça (77%); os menos usados a viseira facial (32%), o avental (36%) e a touca árabe (50%) (FIOREZE et al., 2020). Pinto (2018) em seu estudo com agricultores do município de Vacaria refere que 78% dos 104 entrevistados utilizavam a bota, 77% o respirador e 76% a luva. A baixa adesão ao uso dos EPIs aumenta a exposição direta aos agrotóxicos que, por consequência, aumenta o risco de intoxicação por esses insumos.

Outra classe de agrotóxicos indicados pela AGAPOMI são os herbicidas. O Quadro 5 mostra a comparação da classificação toxicológica desses agrotóxicos entre os anos de 2016/2017 e 2020/2021.

Agrotóxico	Classe	Cor	Categoria	Cor
Finale	I	Vermelho	4	Azul
Glifosato 480 Agripec	I	Vermelho	1	Vermelho
Glifosato Nortox	III	Azul	5	Azul
Gliz 480 SL	III	Azul	3	Amarelo
Roundup Original	III	Azul	1	Vermelho
Roundup Transorb	II	Amarelo	2	Vermelho
Roundup WG	III	Azul	3	Amarelo
Trop	III	Azul	3	Amarelo
Gramoxone	I	Vermelho	1	Vermelho

Quadro 05 - Comparação dos agrotóxicos herbicidas indicados no cultivo da maçã nas duas safras analisadas

Fonte: elaborado pelos autores (2021), com base em AGAPOMI (2021).

Ao analisar o Quadro 5, percebe-se que com os parâmetros da GHS, houveram 03 modificações na classificação toxicológica. Do total de nove herbicidas comuns utilizados nas duas safras, dois sofreram reclassificação para menos tóxicos e um para mais tóxico. Os demais permaneceram iguais em termos de classe, embora houvesse mudança nas cores que sinalizam a toxicidade. Considerando que entre os herbicidas está o Glifosato, um dos mais utilizados no Brasil e para diferentes culturas, bem com o Roundup, pode-se supor alto risco de intoxicação.

A nova classificação em função da toxicidade aguda dos agrotóxicos tornou produtos que antes possuíam classificações mais “severas”, em mais “inofensivos”, por receberem uma classificação mais “branda”, a exemplo do produto Glifosato/Roundup. Este possuía

classificação III - Medianamente tóxico e passou a ser classificado como Produto pouco tóxico - Classe V. Nascimento, Marques e Trevisol (2019) apud Van Straalen; Legler (2018), trazem que os agrotóxicos, em especial o glifosato, está associado, no caso de problemas crônicos, ao surgimento de cânceres (agente carcinogênico) e também com o aumento do risco de desenvolvimento de doença celíaca e intolerância ao glúten. Ele também é responsável por inúmeros sintomas agudos como tonturas, mal estar, dores abdominais e cefaleia.

Foram adicionados ainda no último indicativo disponibilizado dois novos agrotóxicos, sendo um da Categoria 5 (produto improvável de causar dano agudo) e ainda um Não classificado. Dos herbicidas indicados no período de 2016/2017 foram excluídas quatro substâncias, destes duas correspondia a Classe 3 (produto moderadamente tóxico) e duas a Classe 4 (produto pouco tóxico).

O Quadro 6 disponibiliza a comparação da classificação toxicológica dos reguladores de crescimento com permissão de uso no manejo de planta na produção integrada de maçã nos anos de 2016/2017 e 2020/2021.

Agrotóxicos	Classe	Cor	Categoria	Cor
Retain	II	Amarelo	2	Vermelho
Maxcel	II	Amarelo	N.C.	Verde
Dormex	I	Vermelho	5	Azul
Promalin	III	Azul	3	Amarelo
Viviful	III	Azul	3	Amarelo

Quadro 6 - Comparação dos reguladores de crescimento indicados no cultivo da maçã

Fonte: elaborado pelos autores (2021), com base em AGAPOMI (2021).

Observa-se no Quadro 6 que dois agrotóxicos obtiveram modificações na classificação toxicológica. Destes, um agrotóxico que era classificado como produto altamente tóxico passa a ser produto Não Classificado. Este dado permite levantar novamente questionamentos: como um Produto Extremamente Tóxico passa a ser classificado como Produto Improvável de causar Dano ou até mesmo sem nenhuma classificação? O agricultor está preparado e informado sobre esta modificação? Que efeito pode ocorrer na percepção dos agricultores ao receberem o mesmo produto que conheciam com faixa vermelha e agora o recebem com a faixa azul? Novamente pode-se inferir um aumento de risco.

No Quadro a seguir consta o número de agrotóxicos segundo a classificação e tipologia dos agrotóxicos.

Classificação toxicológica	Ciclo	Fungicidas	Inseticidas e Acaricidas	Feromônios	Herbicidas	Reguladores de crescimento	Total
Classe I	2016/2017	13	12	-	03	01	29
Categoria 1	2020/2021	22	15	-	03	-	40
Classe II	2016/2017	06	03	-	01	02	12
Categoria 2	2020/2021	08	04	-	01	02	15
Classe III	2016/2017	23	10	-	07	02	42
Categoria 3	2020/2021	13	15	-	03	02	33
Classe IV	2014/2015	13	03	05	03	-	24
Categoria 4	2020/2021	12	04	02	01	04	23
Categoria 5	2020/2021	09	-	-	02	03	14
Não Classificado	2020/2021	02	-	04	01	01	08
Não encontrado	2020/2021	02	-	-	01	-	03

Quadro 7 – Distribuição do número de agrotóxicos indicados no cultivo da maçã segundo a categoria e a classificação toxicológica, por safra

Fonte: elaborado pelos autores (2021).

O Quadro 7 mostra que o número de agrotóxicos referentes aos fungicidas aumentou na Classe I que corresponde na classificação nova a Categoria 1 e da Classe II que corresponde na classificação nova a Categoria 2. A partir da Classe III/Categoria 3 observou-se diminuição. Os inseticidas/acaricidas tiveram aumento de produtos do ciclo de 2016/2017 para 2020/2021 em todas as classificações toxicológicas. Em relação aos herbicidas houve diminuição da Classe III/Categoria 3. Os feromônios e reguladores de crescimento não apresentaram alteração significativa nos ciclos.

Na Figura 01 estão dispostos os dados dos agrotóxicos indicados e utilizados na produção integrada da maçã na safra de 2016/2017, segundo a antiga classificação toxicológica e da safra de 2020/2021 conforme a nova classificação.

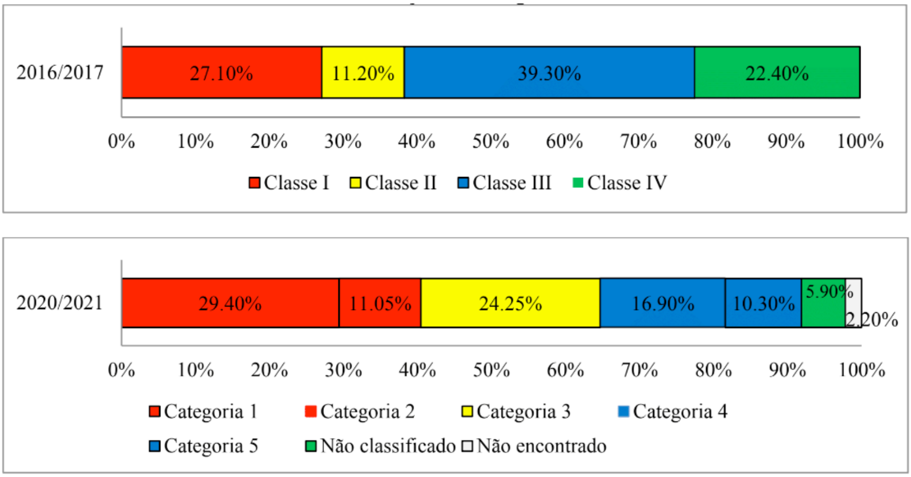


Figura 1 - Agrotóxicos indicados na produção da maçã pela AGAPOMI nas safras, segundo a classificação toxicológica

Fonte: elaborada pelos autores (2021).

A Figura 1 permite visualizar o aumento da utilização dos agrotóxicos da Categoria 1 (extremamente tóxico), sobretudo na última safra (2020/2021) com a nova classificação que representa n=40 (29,40%) do total de agrotóxicos utilizados nesse ciclo. É importante destacar a diminuição do percentual da safra de 2016/2017 para a 2020/2021 referente a Categoria 3, essa última representando n=33 (24,25%) dos produtos. Percebe-se que oito agrotóxicos foram classificados como produtos improváveis de causar dano agudo e três são não localizados/não encontrados.

De acordo com Gurgel e Friedrich (2020), na adoção das mudanças conforme RDC n° 294/2019, os estudos toxicológicos referentes à irritação dérmica e ocular não se incluem como fim de análise para classificação toxicológica. Isso quer dizer que produtos antes classificados como "extremamente tóxicos" por provocarem corrosão ou irritação cutânea recebem nova interpretação que considera apenas o risco de morte (GURGEL E FRIEDRICH, 2020). Essa forma de classificação pode estar mascarando efeitos, sem considerar realidades locais e situações de risco diferenciadas no território. Há que se destacar que, segundo Bombardi (2017), o Brasil consome mais agrotóxicos por hectare que a Europa e os Estados Unidos. Nesse sentido, está sendo desconsiderado a dose que é fundamental para a produção de efeitos e sua intensidade.

Esse apontamento vem de encontro com Lopes e Padilha (2019), quando referem que com a nova medida, produtos "altamente tóxicos" que provocavam irritação severa de pele passam a ser classificados como toxicidade moderada e os categorizados como "pouco tóxicos" com risco de irritação leve de pele e olhos, passam a ser liberados de classificação, ou seja, não são advertidos no rótulo. Isso é preocupante quando se analisa

o aumento do consumo de produtos extremamente tóxicos pelos agricultores de Vacaria e a falta de símbolo no rótulo dos produtos “pouco tóxicos” para efeitos agudos, o que pode gerar não compreensão que não estão isentos de causar efeitos agudos e crônicos.

Essa dificuldade e risco é maior se considerada a escolaridade dos agricultores. Pinto (2018), em seu estudo identificou que dos 104 agricultores do município de Vacaria que utilizavam agrotóxicos, mais da metade 52,9% possuíam o ensino fundamental incompleto. Essa realidade torna difícil a leitura e interpretação adequada das mensagens de alerta. Ainda, a retirada do pictograma da caveira (associada a alteração das cores), oculta uma informação que é essencial para o entendimento do nível de ameaça à saúde dos agricultores (GURGEL E FRIEDRICH, 2020).

Os agricultores ainda possuem dificuldades no reconhecimento dos malefícios e sinais/sintomas causados por uma intoxicação. A baixa escolaridade associada a retirada de símbolos, alertando o perigo dos agrotóxicos, pode agravar os casos de intoxicações. Londres (2011) aponta que, quando o indivíduo chega a um serviço de saúde, há a dificuldade de identificação de uma intoxicação por agrotóxicos, seja pelo desconhecimento dos agricultores quanto aos problemas causados pelo uso, ou pela falta de capacitação dos profissionais da saúde no reconhecimento da intoxicação. Esse fato acaba mascarando os resultados reais de intoxicações exógenas por agrotóxicos, uma vez que essas não são identificadas e, consequentemente, não são notificadas, elevando o número de subnotificações, além de contribuir para o aumento do uso dos insumos, uma vez “ocorrem poucas intoxicações”, o que faria pensar que o uso do agrotóxico causa poucos danos para a saúde ocupacional e também saúde pública.

Em um estudo de Rech (2018) na análise de fichas médicas de 959 agricultores de Vacaria que consultaram entre os anos de 2015 e 2017, foi constatado que 99,3% das razões para consulta médica não foram diagnosticados e, somente, 0,7% dos casos obtiveram diagnóstico de intoxicação exógena por agrotóxicos. A autora reforça ainda que diversos agricultores e dependentes apresentavam efeitos característicos de intoxicação por agrotóxicos. Já em análise de Freitas e Garibotti (2020), verificaram na caracterização das notificações de intoxicações exógenas por agrotóxicos no Rio Grande do Sul entre 2011 e 2018, um aumento da incidência das notificações, sobretudo a partir de 2015.

Também é importante destacar o que traz Londres (2011), ou seja, que o Brasil é o principal destino de uso de agrotóxicos que são banidos em outros países. No contexto geral sabe-se que os agrotóxicos podem causar intoxicações agudas, com aparecimento de sinais e sintomas como cefaleia, dor abdominal, tontura, náuseas, vômitos e outros e também causar intoxicações crônicas, com a instalação de patologias, e ambas as intoxicações podem acarretar em óbito do indivíduo (CARNEIRO et al., 2015; KIM; KABIR; JAHAN, 2017).

Autores como Vasconcellos et al. (2020), Rech (2018), Carneiro et al. (2015), Londres (2011), Larini (1979) e Larini (1999) apontam que os agrotóxicos afetam diversos sistemas

orgânicos do ser humano como sistema respiratório, sistema digestivo, circulatório, urinário, músculo esquelético, imunológico, tornando o indivíduo mais suscetível a doenças e infecções, além de causar alterações neuropsíquicas/neuropsiquiátricas, neurológicas, efeitos carcinogênicos, mutagênicos e teratogênicos.

Desta forma, sabe-se que, mesmo causando malefícios para a saúde humana e saúde ambiental, os insumos são utilizados em larga escala nas lavouras e plantações brasileiras, deste modo, com categorias mais brandas, seu uso tende a aumentar e, consequentemente, reduzir o espaço para técnicas orgânicas e menos nocivas, bem como contribuir no aumento de intoxicações humanas e degradações do meio ambiente.

CONCLUSÕES

A análise mostra que ocorreu um aumento do uso de agrotóxicos da Categoria 1 – Produto extremamente tóxico nos ciclos analisados e da Categoria 2 - Produto altamente tóxico do ciclo 2016/2017 para o ciclo 2020/2021. Esse aumento é fator de risco para saúde humana e ambiental. Também se verifica uma redução dos agrotóxicos das Categorias III e IV no último ano de produção, em virtude da reclassificação dos produtos. A nova categorização impõe o debate sobre as falhas na comunicação a respeito dos riscos sobre os agrotóxicos, o que faz refletir em uma evidência de retrocessos nas medidas de prevenção e controle de riscos de contaminação nas diferentes esferas.

As alterações nas cores e nos símbolos tradicionalmente conhecidos pelos agricultores sem os respectivos esclarecimentos e sem assessoria técnica pode produzir percepções errôneas sobre a periculosidade do manejo inadequado de agrotóxicos.

Cabe destacar que a classificação toxicológica deve ser constantemente revista, uma vez que não demonstra se a substância é segura, apenas caracteriza seus efeitos tóxicos, a partir de ensaios laboratoriais controlados.

REFERÊNCIAS

AGAPOMI (Vacaria). **AGAPOMI.** 2016. Associação Gaúcha dos Produtores de Maçã. Disponível em: http://agapomi.com.br/informacoes/producao-integrada/. Acesso em: 28 jan. 2021.

AGAPOMI (Vacaria). **AGAPOMI.** 2021. Associação Gaúcha dos Produtores de Maçã – Grade de agrotóxicos e agroquímicos. Disponível em: http://agapomi.com.br/wp-content/uploads/2020/05/grade-pim-safra-2020-2021-retificada.pdf/. Acesso em: 28 jan. 2021.

BOMBARDI, Larissa Mies. **Geografia do Uso de Agrotóxicos no Brasil e Conexões com a União Europeia**. São Paulo: FFLCH - USP, 2017. 296 p. Disponível em: http://conexaoagua.mpf.mp.br/arquivos/agrotoxicos/05-larissa-bombardi-atlas-agrotoxico-2017.pdf. Acesso em: 09 set. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Constituição (1992).** Portaria nº 3, de 16 de janeiro de 1992. Portaria Nº 03, de 16 de janeiro de 1992. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs1/1992/prt0003_16_01_1992.html. Acesso em: 11 out. 2020.

BRASIL. **Decreto nº 4074, de 04 de janeiro de 2002**. Decreto Nº 4.074, de 04 de janeiro de 2002. Brasília. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4074.htm&gt. Acesso em: 27 set. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Diretrizes para Atenção Integral à Saúde do Trabalhador de Complexidade Diferenciada**: Protocolo de Atenção à Saúde dos Trabalhadores Expostos a Agrotóxicos. Paraná 2006. Disponível em:http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/protocolo_atencao_saude_trab_exp_agrotoxicos.pdf. Acesso em: 15 nov. 2020.

BRASIL. ANVISA. **Publicada reclassificação toxicológica de agrotóxicos:** Reclassificação ocorre em razão do novo marco regulatório do setor, que ampliou de quatro para cinco as categorias da classificação toxicológica desses produtos, além da inclusão do item "não classificado", para produtos de baixíssimo potencial de dano. 2019. Disponível em: http://portal.Anvisa.gov.br/noticias/-/asset_publisher/FXrpx9qY7FbU/content/publicada-reclassificacao-toxicologica-deagrotoxicos/219201/pop_up?_101_INSTANCE_FXrpx9qY7FbU_viewMode=print&_101_INSTANCE_FXrpx9qY7FbU_languageId=en_US. Acesso em: 18 set. 2020.

CARNEIRO, F. F. et al. (Org.). **Dossiê ABRASCO**: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Rio de Janeiro: Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio; São Paulo: Expressão Popular, 2015. cap. 2, p. 89-191. Disponível em: http://www.abrasco.org.br/dossieagrotoxicos/wpcontent/uploads/2013/10/DossieAbrasco_2015_web.pdf&gt. Acesso em: 30 agosto de 2020.

PICCOLI, Daiana. **Entendimento de bulas e rótulos de agrotóxicos em uma cidade do Alto do Vale do Taquari, Rio Grande do Sul, Brasil**. 2019. 33 f. TCC (Doutorado) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado, 2019. Disponível em: https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/2685/1/2019DaianaPiccoli.pdf. Acesso em: 17 fev. 2021.

FARIA, Neice Müller Xavier; ROSA, José Antônio Rodrigues da; FACCHINI, Luiz Augusto. Intoxicações por agrotóxicos entre trabalhadores rurais de fruticultura, Bento Gonçalves, RS. **Rev. Saúde Pública**, São Paulo , v. 43, n. 2, p. 335-344, Abr. 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102009000200015&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 17 Fev. 2021.

FIOREZE, C. da C. et al. Análise do uso de equipamentos de proteção individual no manejo de agrotóxicos por produtores de alho e uva do município de São Marcos/RS. In: 7º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, Bento Gonçalves. Anais [...] Bento Gonçalves: FIEMA, 2020 (No prelo).

FREITAS, Amanda Brito de; GARIBOTTI, Vanda. Caracterização das notificações de intoxicações exógenas por agrotóxicos no Rio Grande do Sul, 2011-2018. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, v. 29, n. 5, e2020061, 2020 .Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2237-96222020000500313&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 29 Jan. 2021.

GILSON, Italo Kael; ROCHA, Leticia Gabrielhi; SILVA, Marina Raisa Vilela da; WAMMES, Susana Weyh; LEITE, Gabrielle dos Santos; WELTER, Taísa; RADÜNZ, André Luiz; CABRERA, Liziara da Costa. Agrotóxicos liberados nos anos de 2019-2020: uma discussão sobre a uso e a classificação toxicológica. **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 6, n. 7, p. 49468-49479, 2020. Disponível em: https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/13653/11432. Acesso em: 17 Fev. 2021.

GURGEL, A. M; FRIEDRICH, K. (Org.). Mudanças na rotulagem e bulas de agrotóxicos e nas diretrizes para classificação, avaliação toxicológica e avaliação de risco dietético. **GT de Agrotóxicos da Fiocruz**, Jul. 2019. Disponível em: https://portal.fiocruz.br/sites/portal.fiocruz.br/files/documentos/agrotoxicos_fact_sheet_1_atualizacao.pdf. Acesso em 29, jan. 2021.

KIM, Ki-hyun; KABIR, Ehsanul; JAHAN, Shamin Ara. Exposure to pesticides and the associated human health effects. **Science Of The Total Environment,** [s.l.], v. 575, p. 525-535, jan. 2017. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.009.

LARINI, Lourival. **Toxicologia dos inseticidas**. São Paulo: Sarvier, 1979. 172 p. Disponível em: http://bibcentral.ufpa.br/arquivos/35000/36600/19_36653.htm. Acesso em: 28 jan. 2021.

LARINI, Lourival. **Toxicologia dos praguicidas.** São Paulo: Manole, 1999. Disponível em: https://ucs.bv3.digitalpages.com.br/users/publications/9788520409428/pages/_7. Acesso em: 28 jan. 2021.

LONDRES, Flávia. **Agrotóxicos no Brasil: um guia para ação em defesa da vida**.Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços A Projetos em Agricultura Alternativa, 2011. 191 p. Disponível em:https://br.boell.org/sites/default/files/agrotoxicos-no-brasil-mobile.pdf&gt. Acesso em: 05 out. 2020.

LOPES, E. V; PADILHA N. S. Retrocessos no sistema de comunicação de riscos na embalagem de agrotóxicos: a classificação da ANVISA. **Revista de Direito Ambiental e Socioambientalista**, Belém, v. 5, n. 2, p. 55-76, jul. 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/339672536_RETROCESSOS_NO_SISTEMA_DE_COMUNICACAO_DE_RISCOS_NA_ROTULAGEM_DE_AGROTOXICOS_A_CLASSIFICACAO_DA_ANVISA. Acesso em 28 jan. 2021.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Constituição (1992). **Portaria nº 3, de 16 de janeiro de 1992.** Portaria Nº 03, de 16 de janeiro de 1992. [S.I], 13 dez. 1991.

MURAKAMI, Yumie et al . Intoxicação crônica por agrotóxicos em fumicultores. **Saúde debate**, Rio de Janeiro , v. 41, n. 113, p. 563 576, abr. 2017 . Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-11042017000200563&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 17 fev. 2021.

NASCIMENTO, Diego Zapelini do; MARQUES, Gabriela Moreno; TREVISOL, Daisson José. O desafio das agências reguladoras ao redor do mundo no uso do glifosato. **Saúde e Sociedade**, [S.L.], v. 28, n. 4, p. 297-298, dez. 2019. FapUNIFESP (SciELO). Disponivel em: http://dx.doi.org/10.1590/s0104-12902019180684. Acesso em: 17 fev. 2021.

HUPFFER, H. M.; ENGELMANN, W; WEYERMÜLLER, A. R. (Org.). **Futuro com ou sem agrotóxicos: impactos socioeconômicos globais e as novas tecnologias.** São Leopoldo: Casa Leiria, 2020.

PINTO, Débora Nunes. **O uso de equipamentos de proteção individual na manipulação de agrotóxicos e a frequência de intoxicações agudas**. 2018. 56 f. TCC (Graduação) - Curso de Enfermagem, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2018.

SÁ-SILVA, J. R.; ALMEIDA, C. D. de; GUINDANI, J. F. Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas. **Revista Brasileira de História & Ciências Sociais**, [S. l.], v. 1, n. 1, 2009. Disponível em: https://periodicos.furg.br/rbhcs/article/view/10351. Acesso em: 17 fev. 2021.

STEDILE, N. L. R. et al. **Análise do grau de toxicidade dos agrotóxicos utilizados na produção integrada da maçã no Município de Vacaria, RS**. In: CONGRESSO ABES/FENASAN 2017, 2017, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: ABES, 2017. p. 162-175. Disponível em: https://10rea.eventize.com.br/sistema_trabalhos/evento.frm_login.php?backurl=%2Fsistema_trabalhos%2Findex.php. Acesso em: 20 jan. 2020.

RECH, Tatiane. **O uso de agrotóxicos e saúde**: uma análise com base nas fichas médicas dos trabalhadores rurais de Vacaria e Muitos Capões RS/Brasil. 2018. 77 f. TCC (Graduação) - Curso de Enfermagem, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2018.

VASCONCELLOS, Paula Renata Olegini et al . Exposição a agrotóxicos na agricultura e doença de Parkinson em usuários de um serviço público de saúde do Paraná, Brasil. **Cad. saúde colet**., Rio de Janeiro , v. 28, n. 4, p. 567-578, dez. 2020. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414462X2020000400567&lng=en&nrm=iso.Acesso em: 29 jan. 2021.

CAPÍTULO 17

AVALIAÇÃO DE RISCO RELATIVO DE DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA DE FONTES DE ABASTECIMENTO INDIVIDUAL DE ÁGUA SUBTERRÂNEA LOCALIZADAS NO BAIRRO GURIRI, SÃO MATEUS-ES

Data de aceite: 01/04/2021
Data de submissão: 05/02/2021

Bruna Bonomo Cosme
MULTIVIX- campus Nova Venécia
São Mateus- Espirito Santo
http://lattes.cnpq.br/7003520473232556

Tamires Lima da Silva
Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia, Faculdade de Ciências Agronômicas, Unesp, campus Botucatu
Botucatu- São Paulo
http://lattes.cnpq.br/7760310583317421

Fernando Soares de Oliveira
Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER)
Linhares-ES
Linhares-Espirito Santo
http://lattes.cnpq.br/4309028736739229

Talita Aparecida Pletsch
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Campus Montanha
Montanha- Espirito Santo
http://lattes.cnpq.br/7803010153679921

Daniela Teixeira Ribeiro
MULTIVIX- campus Nova Venécia
São Mateus- Espirito Santo
http://lattes.cnpq.br/1685562633139462

Yuri Graciano Bissaro Romualdo
MULTIVIX- campus Nova Venécia
São Mateus- Espirito Santo
http://lattes.cnpq.br/0657743207068887

Abrahão Welson de Souza
EEEFM Wallace Castello Dutra
São Mateus- Espirito Santo
http://lattes.cnpq.br/5749169949987692

RESUMO: A água subterrânea, uma das principais fontes de abastecimento individual para consumo humano utilizada no bairro Guriri, São Mateus-ES, tem potencial de transmitir doenças de veiculação hídrica devido à presença de microrganismos patogênicos, como bactérias do grupo coliformes totais e fecais. Entre as bactérias do grupo coliformes, a *Escherichia coli* (*E. coli*) é frequentemente utilizada como microrganismo indicador de contaminação fecal. Considerando a *E. coli* como microrganismo indicador, pesquisadores do Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos, desenvolveram uma metodologia para a avaliação do risco relativo de doenças em fontes de água destinadas ao consumo humano. No Brasil, a Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011, estabelece o padrão de potabilidade da água para consumo humano, sendo disposto que a água destinada ao consumo humano deve apresentar ausência de coliformes totais e *E. coli* em 100 mL. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a potabilidade e os níveis de risco relativo de doenças de veiculação hídrica em fontes de abastecimento individual de água subterrânea no bairro Guriri, São Mateus-ES, Brasil. No período de outubro a novembro de 2017 foram coletadas 42 amostras de poços tubulares usados para consumo humano, as quais foram submetidas a análises dos parâmetros coliformes

totais e *E. coli*. Os resultados apontaram altos níveis de contaminação bacteriana, uma vez que 90,47% das amostras de água subterrânea atestaram presença de coliformes totais e 28,57% apresentaram valores positivos para *E. coli.* Na análise de risco relativo de doenças de veiculação hídrica 69,04% das amostras apresentaram risco relativo baixo, 23,8% risco relativo moderado, 4,76% risco relativo alto e 2,38% risco relativo muito alto.
PALAVRAS-CHAVE: Consumo humano, Poços Tubulares, *Escherichia coli*, Coliformes totais, Saúde Pública.

ASSESSMENT OF RELATIVE RISK OF WATERBORNE DISEASES OF INDIVIDUAL GROUNDWATER SOURCES IN THE GURIRI NEIGHBORHOOD, SÃO MATEUS-ES

ABSTRACT: Groundwater, one of the main sources of individual supply for human consumption used in the Guriri neighborhood, São Mateus-ES, has the potential to transmit water-borne diseases due to the presence of pathogenic microorganisms, such as total coliform and fecal group bacteria. Among the bacteria of the coliform group, *Escherichia coli (E. coli)* is often used as an indicator microorganism of fecal contamination. Considering E. coli as an indicator microorganism, researchers from the United Nations Program for Human Settlements have developed a methodology for the evaluation of the relative risk of waterborne diseases in water sources destined for human consumption. In Brazil, the Ministry of Health Ordinance No. 2914/2011 (Brazilian Drinking water Guidelines), establishes the standards of water potability for human consumption, and determines that any water used for human consumption should be free of total coliforms and *E. coli* in 100 mL. In this context, the objective of this work was to evaluate the potability and the levels of relative risk of waterborne diseases in individual sources of groundwater supply in the Guriri neighborhood, São Mateus-ES, Brazil. From October to November 2017, 42 samples were collected from tubular wells used for human consumption, which were submitted to analysis of total coliform and *E. coli* parameters. The results showed high levels of bacterial contamination, since 90.47% of the groundwater samples attested the presence of total coliforms and 28.57% showed positive values for *E. coli*. In the analysis of relative risk of waterborne diseases 69.04% of the samples presented low relative risk, 23.8% moderate relative risk, 4.76% high relative risk and 2.38% very high relative risk.
KEYWORDS: Human consumption, Tubular wells, *Escherichia coli*, Total coliform, Public Health.

INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta disponibilidade de água subterrânea em torno de 14.650 m³/s sendo sua qualidade condicionada por diversas variáveis como: regime de chuvas, cobertura vegetal, geologia, escoamento superficial, lançamento de efluentes, entre outros (ANA, 2018).

De acordo com Instituto Trata Brasil (2019), o atendimento doméstico é a principal finalidade da água subterrânea, representando a única fonte de água disponível para muitas localidades brasileiras. Também, o recurso hídrico subterrâneo obtido através de perfuração

de poços particulares apresenta-se como uma fonte alternativa ou complementar de água para consumo como reposta a falta de cobertura de abastecimento público ou em virtude do menor custo quando comparado ao valor cobrado pela água fornecida por operadoras do serviço público.

Microrganismos potencialmente patogênicos (bactérias, vírus, protozoários e helmintos) podem estar presentes na água subterrânea destinada ao consumo humano. Os efeitos destes microrganismos a saúde pública variam desde provocar uma gastroenterite leve a resultar em uma diarreia grave ou fatal. Também, pode provocar disenteria, hepatite e febre tifoide representando risco de surgimento de surtos dessas doenças (WHO, 2011).

A Portaria do Ministério da Saúde Nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 apresenta o padrão de qualidade necessário para água destinada ao consumo humano, definindo solução alternativa individual de abastecimento como a modalidade de abastecimento de água que atenda domicílios residenciais com uma única família (BRASIL, 2011). Segundo o padrão microbiológico da água definido pela referida Portaria, a água para consumo humano deve apresentar ausência em 100 mL das bactérias coliformes totais e coliformes fecais (*Escherichia coli*).

É importante que os usuários conheçam se a água subterrânea consumida apresenta qualidade microbiológica que permita seu uso seguro ou se existe risco à saúde pública devido à presença de microrganismos patogênicos. Considerando a bactéria *Escherichia coli* (*E. coli*) como microrganismo indicador o Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos desenvolveu uma análise de risco relativo de doenças de veiculação hídrica para águas destinadas ao consumo humano (UN-HABITAT, 2010).

O recurso hídrico subterrâneo é a fonte de abastecimento individual de água mais utilizada por moradores do bairro Guriri, São Mateus-ES. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a potabilidade e os níveis de risco relativo de doenças de veiculação hídrica em fontes de abastecimento individual de água subterrânea no bairro Guriri, São Mateus-ES, Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no bairro Guriri, São Mateus-ES (Figura 2). Inicialmente, foi aplicado um questionário aos alunos da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio “Wallace Castello Dutra” (Figura 3) para observação do uso de água subterrânea como fonte de abastecimento individual de água. Entre os questionários aplicados foram selecionados 42, que caracterizaram os pontos de coleta de amostras de água subterrânea captada através de poços tubulares. Os pontos de coletadas foram georreferenciados com uso do *Global Positioning System-GPS* Garmin eTrex 20X (Figura 1B). Entre os meses de outubro e novembro de 2017 quarenta e duas amostras de água subterrânea foram coletadas em sacos plásticos estéreis de 100 ML c/ tiossulfato marca Nasco Whirl-Pak

(Figura 1A). Imediatamente após a coleta, as amostras foram armazenadas em caixas de isopor contendo gelo e conduzidas para o laboratório de Microbiologia da escola EEEFM "Wallace Castello Dutra" onde foram conduzidas análises dos parâmetros microbiológicos: coliformes totais e *E. coli* com uso do teste Colilert, conforme *Standard Methods* 9223B: *Enzyme Substrate Coliform Test* (APHA, 2012) e placas de contagem 3MTM PetrifilmTM conforme método NMKL (147.1993) (3M PETRIFILM, 2019).



Figura 1. A) Saco plástico estéril de 100 ML c/ tiossulfato B) GPS Garmin eTrex 20X.



Figura 2. Mapa da localização do bairro Guriri no município de São Mateus-ES.

QUESTIONÁRIO PARA LEVANTAMENTO DE DADOS CIENTÍFICOS

Prezado (a) participante,

Somos bolsistas vinculados a FAPES (Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espirito Santo) do Projeto de Iniciação Científica Junior (ICJ) intitulado: **"Mapeamento e Avaliação da Potabilidade da Água Subterrânea em Poços Artesianos no Bairro Guriri, São Mateus-ES"**, cujos objetivos principais são:realizar um levantamento dos usuários da água do manancial subterrâneo de Guriri, captada através de poços artesianos, e avaliar a qualidade bacteriológica e físico-química da água captada. Começaremos nossa pesquisa conhecendo quais as famílias dos alunos da nossa escola E.E.E.F. M "Wallace Castello Dutra" possuem poços tubulares em casa.

Sua participação envolve o preenchimento de um pequeno questionário que elaboramos e que servirá de base para a realização das nossas atividades de campo. A participação é voluntária e se você decidir não participar ou quiser desistir de continuar em qualquer momento, tem absoluta liberdade de fazê-lo.

Mesmo não tendo benefícios diretos em participar, indiretamente você estará contribuindo para a produção de conhecimento científico sobre o tema.

Aluno:	
Turma:	Turno:
Nome do pai/mãe:	
Endereço:	
Telefone:	
1. Quantas pessoas moram na sua casa, contando com você? ( ) 2 ( )3 ( )4 ( )5 ( )6 ( )7 ( )acima de 7 pessoas.	
2. Na sua casa existe captação de água através de poço tubular? ( )Sim ( )Não	
3. A água captada através do poço tubular na sua casa passa por algum tipo de tratamento (adição de hipoclorito de sódio, uso de filtros vela ou de areia, fervura)? ( ) Sim ( ) Não Caso afirmativo escreva qual o tratamento utilizado: ________________	

Figura 3. Questionário utilizado no levantamento de dados científicos.

Para a análise relativa de risco de doenças conforme metodologia proposta pelo Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos (UN-HABITAT, 2010), é necessário a observação dos resultados dos testes Colilert e Petrifilm. A análise relativa de risco de doenças correlaciona os resultados obtidos para presença e concentração da bactéria *E. coli* nos testes Colilert e Petrifilm, respectivamente. Os graus de risco são divididos em quatro categorias: baixo, moderado, alto e muito alto, conforme Tabela 1.

Florescência no teste Colilert (presença da *E. Coli* em 10 mL)	Resultados Petrifilm contagem *E. Coli*	Nível de Risco
Negativo	0	Baixo
Positivo	0	Moderado
Positivo	1-10	Alto
Positivo	>10	Muito alto

Tabela 1. Avaliação de risco relativo de fontes de abastecimento de água conforme metodologia proposta pelo Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos

Fonte: UN-HABITAT (2010, p.10)

RESULTADOS

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para presença e contagem da bactéria *E. coli* através dos testes Colilert e Petrifilm e as coordenadas UTM dos pontos de coleta. Observa-se que 71,42% (n =30) das 42 amostras de água subterrânea captadas através de poços tubulares apresentaram resultado negativo para bactéria *E. coli* (coliforme fecal), enquanto que 28,57% (n=12) apresentaram valores positivos para *E. coli*. No trabalho desenvolvido por Rezende et al. (2014), em 35% dos poços tubulares de fontes de água subterrânea analisados foi detectada a presença da *E. coli.* Avila, Winkler e Carmona (1989) ao analisarem os casos de diarreia para as cidades de Navojoa e Cuidad Obregón localizadas no México, verificaram que altos índices de casos de diarreia (116/1.000 hab.) na cidade de Navojoa estavam relacionados a altas taxas de contaminação da água por coliformes fecais (43%) em relação a baixa incidência de casos de diarreia (49/1.000 hab.) na cidade de Cuidad Obregón com uma menor taxa de contaminação da água por coliformes fecais (6%). Assim, os resultados obtidos para contaminação das fontes de abastecimento individual de água subterrânea por *E. coli* indicam que há riscos de desenvolvimento de doenças de veiculação hídrica para os usuários residentes no bairro Guriri, São Mateus-ES.

ID	Data da Coleta	X (UTM)	Y (UTM)	*E. coli* (Colilert)	*E. coli* (Petrifilm)
1	14/10/2017	418786	7928673	Positivo	0
2	14/10/2017	419990	7927616	Negativo	0
3	14/10/2107	420062	7928121	Negativo	0
4	14/10/2017	420315	7927992	Negativo	0
5	14/10/2017	420079	7928359	Negativo	0
6	14/10/2017	420440	7927939	Negativo	0
7	14/10/2017	420850	7928332	Negativo	0
8	14/10/2017	420529	7928177	Negativo	0

9	14/10/2017	419384	7929144	Negativo	0
10	14/10/2017	420919	7926678	Negativo	0
11	14/10/2107	420299	7927709	Negativo	0
12	21/10/2017	421220	7928800	Negativo	0
13	21/10/2017	420890	7926400	Negativo	0
14	21/10/2017	419066	7928696	Negativo	0
15	21/10/2017	420118	7928861	Negativo	0
16	21/10/2017	419057	7928683	Negativo	0
17	21/10/2017	419081	7926736	Negativo	0
18	21/10/2017	420818	7926303	Negativo	0
19	21/10/2017	419580	7923827	Negativo	0
20	21/10/2017	419702	7928259	Positivo	1
21	21/10/2017	419005	7929078	Negativo	0
22	04/11/2017	419264	7928995	Negativo	0
23	04/11/2017	419551	7927766	Positivo	0
24	04/11/2017	420401	7927095	Negativo	0
25	04/11/2017	419549	7927949	Negativo	0
26	11/11/2017	419846	7928004	Positivo	0
27	11/11/2017	420968	7926423	Negativo	0
28	11/11/2017	420259	7928049	Negativo	0
29	11/11/2017	420140	7928140	Negativo	0
30	11/11/2017	420730	7927744	Negativo	0
31	11/11/2017	421097	7926944	Negativo	1
32	11/11/2017	420176	7927977	Positivo	0
33	11/11/2017	419690	7928346	Positivo	0
34	25/11/2017	420527	7928173	Negativo	0
35	25/11/2017	419362	7928639	Negativo	0
36	25/11/2017	420130	7927866	Negativo	0
37	25/11/2017	419546	7928260	Positivo	0
38	25//11/2017	419239	7928598	Positivo	0
39	25/11/2017	420204	7926856	Positivo	0
40	25/11/2017	419634	7928063	Positivo	0
41	25/11/2017	420134	7929142	Positivo	90
42	25/11/2017	421211	7928457	Positivo	0

Tabela 2. Coordenadas UTM dos pontos de coleta de água e resultados obtidos para *E. coli.*

Com os dados da Tabela 2 foi realizada a avaliação de risco relativo de doenças de veiculação hídrica das amostras provenientes de fontes de abastecimento individual de

água subterrânea. Os resultados estão apresentados na Figura 4. Destaca-se que 69,04% (n=29) das amostras apresentaram risco relativo baixo para doenças de veiculação hídrica, 23,8% (n=10) risco relativo moderado, 4,76%(n=2) risco relativo alto e 2,38% (n=1) risco relativo muito alto.

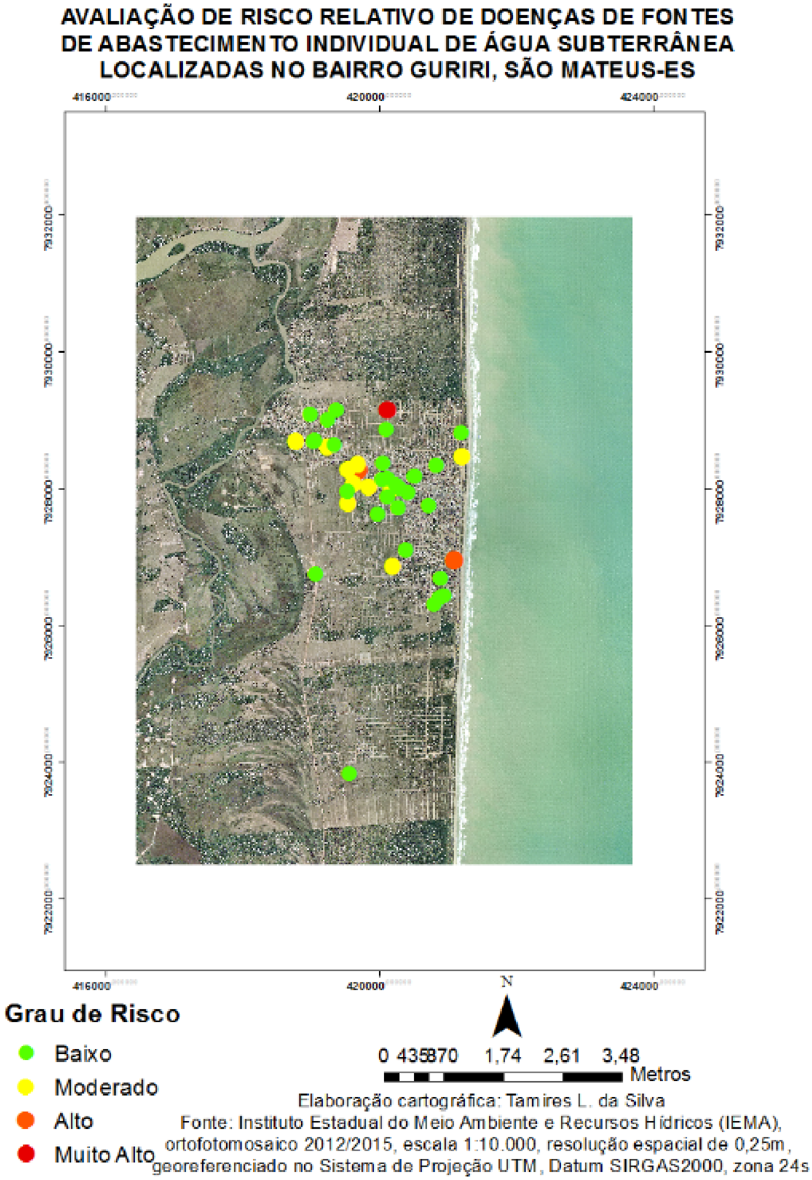


Figura 4: Mapa da avaliação de risco relativo de doenças de veiculação hídrica das amostras provenientes de fontes de abastecimento individual de água subterrânea no bairro Guriri, São Mateus-ES.

Para o uso seguro de fontes de abastecimento individual de água subterrânea para consumo humano é necessário que ela esteja em acordo com o padrão de potabilidade da água estabelecido pela Portaria MS nº 2.914/2011 que determina que, para o parâmetro microbiológico coliformes totais é necessário ausência em 100 mL (BRASIL, 2011). As Figuras 5 e 6 representam o valor encontrado na contagem de coliformes totais e o percentual de resultados positivos e negativos, respectivamente, para as amostras de água subterrânea proveniente de fontes de abastecimento individual no bairro Guriri, São Mateus-ES. As análises microbiológicas indicam a presença de coliformes totais na faixa de 0-300 UFC/100 mL, sendo o valor máximo encontrado (300 UFC/100 mL) no ponto de coleta nº 27 (Figura 5), mesmo com um valor de coliformes totais elevado não foi detectada a presença de *E. Coli* para este ponto (Tabela 2). De todas as amostras analisadas apenas quatro apresentaram ausência de coliformes totais em 100 mL, representando um percentual 9,52% (n=4), logo em 90,47% (n=38) das amostras foi detectada a presença de coliformes totais (Figura 6). Resultado semelhante foi encontrado por Silva e Araújo (2003) na análise da qualidade de águas subterrâneas utilizada para consumo humano em áreas urbanas de Feira de Santana (BA), onde 90,8% das amostras apresentaram valores positivos para coliformes totais.

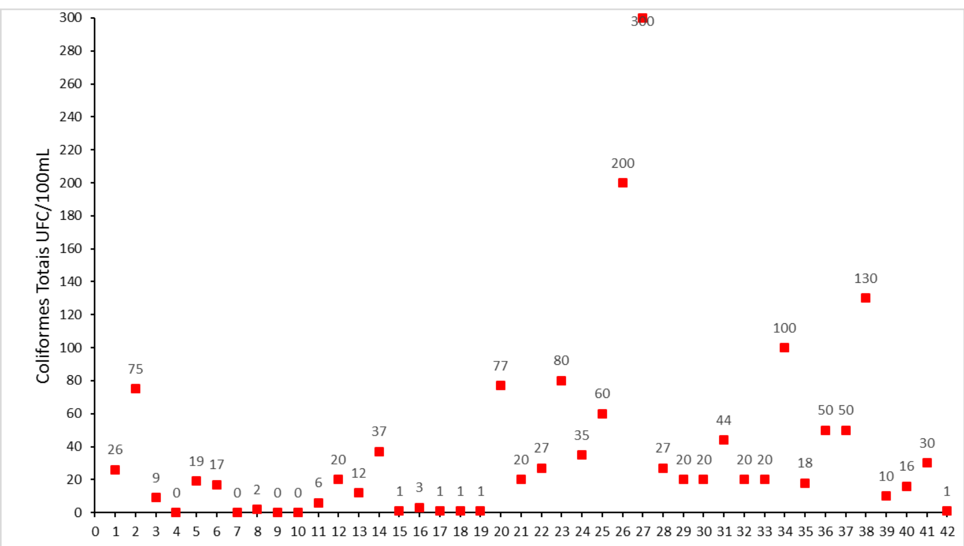


Figura 5: Valores obtidos para o parâmetro microbiológico coliformes totais para as amostras provenientes de fontes de abastecimento individual de água subterrânea no bairro Guriri, São Mateus-ES.

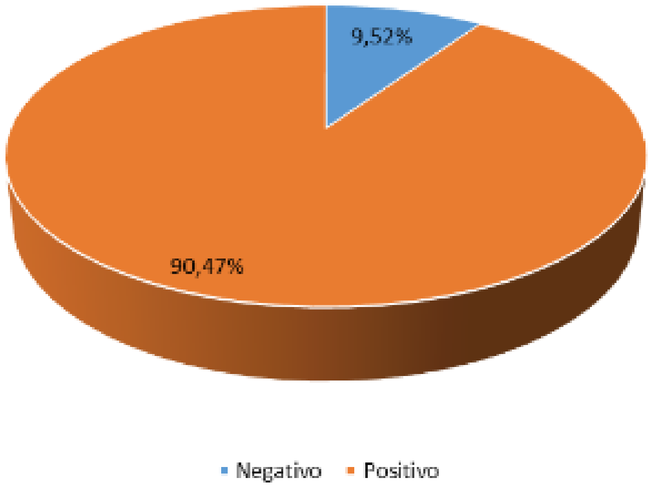


Figura 6. Percentual de coliformes totais nas amostras provenientes de fontes de abastecimento individual de água subterrânea no bairro Guriri, São Mateus-ES.

CONCLUSÕES

De acordo com a análise relativa de risco de doenças relacionadas a água para consumo humano, conforme metodologia proposta pelo Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos, na qual é considerada a presença e concentração de *E. coli* nas amostras de água, as fontes de abastecimento individual de água subterrânea apresentaram grau de risco à saúde pública moderado a muito alto, sendo um percentual de 23,8% para risco relativo moderado, 4,76% para risco relativo alto e 2,38% para risco relativo muito alto. Contudo, a maioria das amostras analisadas (69,04%) apresentaram risco relativo baixo para o desenvolvido de doenças de veiculação hídrica.

Conforme o valor máximo permitido-VMP para o parâmetro microbiológico coliformes totais pela Portaria MS nº 2914/2011 (Ausência de coliformes totais em 100 mL), grande parte das de fontes de abastecimento individual de água subterrânea captadas através de poços tubulares por moradores do bairro Guriri, São Mateus-ES estão impróprias para consumo humano. Uma vez que, foi detectada contaminação bacteriana em 90,47% das amostras analisadas, evidenciando a existência de risco à saúde pública devido ao desenvolvimento de doenças de veiculação hídrica pela população usuária.

AGRADECIMENTOS

Estudo financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo – FAPES, Projeto de Iniciação Científica Junior TO 920/ 2015.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2018:** informe anual. Brasília-DF: Agência Nacional de Águas, 2018. 72 p. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/>. Acesso em: 08 maio 2019.

AMERICAN PUBLIC HEATH ASSOCIATION – APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington DC, 22 th. ed., 2012.

AVILA, H. G.; WINKLER, S. B.; CARMONA, H. B. Calidad del agua potable e incidencia de gastroenteritis en dos ciudades del estado de Sonora, México. **Salud Pública de Mexico**, Cuernavaca, Morelos, MX, v. 31, n. 3, p.299-304, 1989.

BRASIL. **Portaria nº 2914, de 14 de dezembro de 2011.** Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Diário Oficial da União, 14 dez. 2011.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **A revolução silenciosa das águas subterrâneasno Brasil:** uma análise da importânciado recurso e os riscos pela falta de saneamento. 2019. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/aguas-subterraneas-e-saneamento-basico/Estudo_aguas_subterraneas_FINAL.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2019.

3M PETRIFILM. **Guia de Interpretação.** [S.l.]: 3m™ Petrifilm™, 2019. Placa para Contagem de E.coli e Coliformes Método NMKL (147.1993). Disponível em: <http://multimedia.3m.com/mws/media/586857O/guia-interpr-petrifilm-ecoli-e-coliformes.pdf?&fn=GuiaPetrifilmColiforEcoli.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2019.

REZENDE, D. et al. Avaliação da qualidade da água subterrânea utilizada em propriedades rurais produtoras de hortaliças e na área urbana d a região de Maringá PR. In: XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 17., 2014, Belo Horizonte. **Anais**, **[...].** Belo Horizonte: XVIII CBAS, 2014. p. 1 - 10. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28277>. Acesso em: 01 jun. 2019.

SILVA, R. C. A; ARAÚJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência & Saúde Coletiva**, [S.l.], v. 8, n. 4, p.1019-1028, 2003. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/s1413-81232003000400023.

UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME (UN-HABITAT). **A Practical Method for Rapid Assessment of the Bacterial Quality of Water.** Nairobi, Kenya: United Nations Human Settlements Programme 2010, 2010. Disponível em: <https://gwopa.org/en/resources-library/a-practical-method-for-rapid-assessment-of-the-bacterial-quality-of-water-a-field-based-guide>. Acesso em: 01 jun. 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION-WHO. **Guidelines for drinking-water quality.** 4. ed. Geneva, Switzerland: Who Library Cataloguing-in-publication Data, 2011. Disponível em: <https://apublica.org/wp-content/uploads/2014/03/Guidelines-OMS-2011.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2019.

CAPÍTULO 18

PROGRAMA UM MILHÃO DE CISTERNAS [P1MC]: ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DE INFORMANTES-CHAVE

Data de aceite: 01/04/2021
Data de submissão: 05/02/2021

Juliana Elisa Silva Santos
Universidade Federal da Bahia
University of Brighton (Reino Unido)
Londres – Reino Unido
http://lattes.cnpq.br/2420042346323584

Patrícia Campos Borja
Universidade Federal da Bahia
Salvador – Bahia
http://lattes.cnpq.br/3806088580374374

RESUMO: O estudo desenvolvido teve como objetivo analisar percepção dos beneficiários e de técnicos em relação à condição atual e às possibilidades para abastecimento de água no município de Abaré-BA no contexto do P1MC. A pesquisa envolveu o levantamento dos Discursos do Sujeito Coletivo a partir de entrevistas a informantes-chave no município. A partir das entrevistas conduzidas foi possível perceber a importância do P1MC na vida da população. Entretanto, os próprios beneficiários e técnicos reconhecem que as cisternas não vêm sendo utilizadas para armazenar água de chuva e sim de água proveniente de carros-pipa, e até mesmo de rede de distribuição de água, devido à ausência de chuva nos últimos anos. Os Discursos do Sujeito Coletivo gerados também levantaram as possibilidades para melhoria do abastecimento de água no município, como por exemplo a instalação de adutoras e poços. Conclui-se que há plena aceitação do P1MC na localidade, entretanto, a região ainda está submetida ao uso dos carro-pipa. No que se refere à questão tecnológica, faz-se necessário estudar as diversas alternativas para o abastecimento de água na região. Por fim, acredita-se que a questão do acesso à água no semiárido passa pela adoção de políticas públicas inclusivas, democráticas e sustentadas nos pressupostos da justiça social.

PALAVRAS-CHAVE: Cisternas, P1MC, informantes-chave.

ONE MILLION CISTERNAS PROGRAM [P1MC]: ANALYSIS OF KEY-INFORMANTS PERCEPTION

ABSTRACT: The study aimed to analyze the perception of beneficiaries and technicians in relation to the current condition and the possibilities for water supply in the municipality of Abaré-BA in the context of the One Million Cisterns Program (P1MC). The research involved the survey of the Collective Subject Discourses based on interviews with key-informants in the municipality. From the interviews conducted, it was possible to perceive the importance of P1MC in the life of the local population. However, the beneficiaries and technicians themselves recognize that the cisterns have not been used to store rainwater, but water from water trucks, and even water from distribution networks, due to the lack of rain in recent years. The Collective Subject Discourses generated also raised the possibilities for improving water supply in the municipality, such as the installation of pipelines and wells. It is concluded that there is full acceptance of P1MC

in the locality, however, the region is still subject to the use of water trucks. Regarding the use of technology, it is necessary to study the various alternatives for water supply in the region. Finally, it is believed that the access to water in the semi-arid region is related to the adoption of inclusive and democratic public policies based on the assumptions of social justice.
KEYWORDS: Cisterns, P1MC, key-informants.

1 I INTRODUÇÃO

A análise da efetividade de programas sociais como o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC) envolve a análise da percepção da população beneficiada e de técnicos relacionados ao programa. Esses indivíduos são os informantes-chave, ou seja, os usuários e outros atores direta ou indiretamente relacionados ao projeto. Este capítulo aborda o estudo de caso da percepção de informantes-chave sobre o P1MC no município de Abaré-BA.

O estudo desenvolvido teve como objetivo analisar a percepção da população e de técnicos em relação à condição atual e às possibilidades para abastecimento de água a partir da captação da água de chuva no município de Abaré no contexto do Programa Um Milhão de Cisternas. Também buscou-se discutir as condições atuais e possíveis intervenções aplicáveis à região para melhoria do acesso à água, a partir das evidências levantadas no trabalho.

A pesquisa envolveu o levantamento de diversos discursos de atores envolvidos com o P1MC no município estudado. Para isso, foram realizadas entrevistas junto a beneficiários do Programa, além de representantes do município com conhecimento acerca do abastecimento de água. Para analisar esses dados qualitativos foi utilizada a técnica do Discurso do Sujeito Coletivo.

2 I METODOLOGIA

A partir das entrevistas aplicadas aos informantes do município, foi possível inferir as percepções dos envolvidos e conduzir as análises. Estando envolvidos direta e/ou indiretamente com o abastecimento de água na zona rural de Abaré, os informantes tinham conhecimento para falar sobre as nuances do uso das cisternas/distribuição de água na região e expressar suas opiniões.

As percepções dos informantes foram analisadas utilizando a técnica do Discurso do Sujeito Coletivo (DSC), que envolve a representação social daquele discurso como discurso da coletividade. Segundo Lefrève *et al.* (2003, p. 70), o Discurso do Sujeito Coletivo:

> é uma proposta de organização e tabulação de dados qualitativos de natureza verbal, obtidos de depoimentos. Tendo como fundamento a teoria da Representação Social e seus pressupostos sociológicos, a proposta consiste basicamente em analisar o material verbal coletado, extraído de cada um dos depoimentos. O Discurso do Sujeito Coletivo é uma modalidade de

apresentação de resultados de pesquisas qualitativas, que tem depoimentos como matéria prima, sob a forma de um ou vários discursos síntese escritos na primeira pessoa do singular, expediente que visa expressar o pensamento de uma coletividade, como se esta coletividade fosse o emissor de um discurso.

A técnica do Discurso do Sujeito Coletivo envolve a seleção de Expressões-Chave (EC) de cada resposta individual de uma questão. Essas Expressões-Chave são os trechos mais importantes dessas respostas, que são em seguida relacionados às Ideias Centrais (IC), que são um resumo do conteúdo expressado nas Expressões-Chave. O conjunto das Expressões-Chave e Ideias Centrais formam os Discursos do Sujeito Coletivo (DSC), no qual o pensamento de uma coletividade é evidenciado em forma de discursos individuais (LEFÈVRE *et al.*, 2003).

Bonifácio (2011) utilizou a técnica do Discurso do Sujeito Coletivo em seu trabalho sobre a percepção dos beneficiários do P1MC sobre vários aspectos relacionados ao Programa e às cisternas. Segundo autor, Lefèvre e Lefèvre (2005) elaboraram a técnica do Discurso do Sujeito Coletivo de modo a superar certos impasses no processo da pesquisa qualitativa que utiliza entrevistas com questões abertas. O objetivo de se obter opiniões coletivas ou representações sociais a partir de discursos individuais requer um enfoque metodológico capaz de adicionar os depoimentos e obter um discurso coerente com as opiniões individuais. A resposta encontrada foi a categorização das respostas, analisando o sentido dessas respostas e agrupando-as em categorias representativas.

O estudo teve a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (CAAE n. 21741813.9.0000.0056). Antes da entrevista, foi lido em voz alta o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para os entrevistados, que confirmaram o consentimento em participar da entrevista. A técnica do Discurso do Sujeito Coletivo foi direcionada aplicando-se entrevistas semiestruturadas, com gravação em vídeo, num diálogo informal com cada informante.

Roteiros de entrevistas iniciais foram elaborados com perguntas condutoras da entrevista. Durante a entrevista essas perguntas foram em alguns casos ampliadas quando o entrevistado discorria de uma forma mais abrangente sobre algum assunto específico. Ao todo foram elaborados dois roteiros de entrevistas: um para as famílias beneficiárias; outro para a técnica do P1MC entrevistada e representante da Prefeitura de Abaré. A partir dos dados obtidos, foram identificadas as principais ideias-chave dos entrevistados, que expressam as percepções em relação ao Programa Um Milhão de Cisternas e ao abastecimento de água na zona rural no município de Abaré.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da aplicação da técnica do Discurso do Sujeito Coletivo (DSC) foi possível analisar a percepção da população local beneficiária do P1MC e técnicos no município de estudo. A seguir são apresentados os DSC gerados a partir das principais Expressões-

Chave das entrevistas realizadas junto aos dois conjuntos de informantes-chave.

3.1 Análise da percepção dos beneficiários do Programa Um Milhão de Cisternas no município de Abaré

Ao todo foram realizadas sete entrevistas com os beneficiários do P1MC no município. Devido à confidencialidade dos discursos, esses informantes-chave foram identificados como E1, E2, E3, E4, E5, E6 e E7. Os DSC gerados e suas Expressões-Chave relacionadas são apresentados a seguir:

DSC 1 – A rotina para conseguir água antes do P1MC era muito difícil, exigindo demasiado deslocamento e esforço físico para conseguir água e de qualidade duvidosa.

> *E1: "Era muito difícil porque quando entrava na época da seca às vezes brotava uma água no barreiro, a gente chama aqui barreiro. Aí botava aquela água. Durava mais ou menos uns 15 dias. Aí quando secava a gente saia nos barreiros das outras pessoas, longe, às vezes de ir até dois, três quilômetros à busca de água".*

> *E2: "Pegava do barreiro [...] É conhecido como barreiro mesmo que a gente pegava água" [...] "às vezes era longe. Água de chuva né, que juntava [...]" [...] "com um balde, botava na cabeça e ia buscar". [...] "antigamente foi muito sofrido esse lugar, antigamente teve o negócio de abrir a cacimba, de encher dois palmos". [...] "a água era pegada era de cacimba, não existia nem carro-pipa. Cavava era cacimba no riacho e puxava".*

> *E3: "Era um pouco longe. Pra carregar na cabeça era. E era difícil, assim. Difícil. Porque quando era na seca a água ficava mais difícil. Quando era no tempo de chuva não, tinha a água mais perto. Aí na seca sempre a água ficava mais longe".*

> *E4: "Era difícil porque a gente tinha que pegar na cabeça, depois botava na carroça, e ficou pegando, botou uns baldes e ficou pegando".*

> *E5: "Era ruim porque, os barreiros como a pessoa costuma chamar, aí muitas vezes é pequenininho, seca, aí tinha vez que era pra ir pegar nas barragem nas outras comunidades vizinhas que tem, uma ali outra aqui. Aí pega pra beber, pra lavar roupa, pra tudo aí fica difícil que ficava longe. Aí tinha uma cacimba ali, que era muito prolongada, secava. Aí a pessoa tinha que ir buscar nas outras comunidades, nas barragens das outras comunidades. Aí tinha hora que pegava no balde, outra hora botava no jegue. Na carrocinha de burro, como é chamado, botava os bodes dentro e ia buscar lá".*

> *E6: "Ah, era mais difícil, depois vinha os carro-pipa abria os buraco e botava. Naqueles buraco". [...] "Porque os carro-pipa naquele tempo não [...] Botava água, as água secava no chão, sumia. Aí depois a cisterna veio e melhorou a situação de muitos pessoal". [...]*

> *E7: "Era um sofrimento muito grande. Quinze dias. Às vezes botava de oito [O carro-pipa] quando não tinha que botar nas outras casas aí botava aí em oito dias aqui. Aí a vizinhança toda pegava a água. Secava aqui com oito dias" [...].*

O DSC 1 foi obtido a partir da primeira pergunta da entrevista semiestruturada aplicada aos beneficiários: “Como era sua rotina para conseguir água antes da chegada das cisternas? Como era a situação?”. Como observado nas Expressões-Chave, a população conseguia a água de barreiros e cacimbas, que são literalmente buracos cavados na terra para acumulação de água, local inadequado para garantia da segurança sanitária da água. Além disso, o período de estiagem obrigava as famílias a buscarem água em locais mais distantes, dificultando o transporte, que era feito pelos próprios moradores ou com auxílio de animais.

Um dos trechos evidencia que o entrevistado possuía acesso aos carros-pipa mesmo antes da chegada da cisterna: “ah, era mais difícil, depois vinha os carro-pipa abria os buraco e botava. Naqueles buraco”. Entretanto, um dos entrevistados indicou que no período anterior às cisternas não havia carro-pipa: “a água era pegada era de cacimba, não existia nem carro-pipa. Cavava era cacimba no riacho e puxava”. Essa diferença pode indicar que a chegada das cisternas também levou em algum momento ao aumento da oferta de carros-pipa na região.

DSC 2 – A chegada do P1MC no município melhorou bastante a vida dos moradores devido à maior facilidade de acesso à água.

> *E1: “Depois da cisterna melhorou muito a situação. Foi uma benção. Porque a gente não se preocupa com água. Temos água. Às vezes falta, um negócio assim de um dia, dois. Mas...” [...] “Porque assim, antes era terrível. Foi a coisa melhor que já apareceu pra gente que mora aqui foi essas cisternas”.*

> *E2: “Porque assim, né. Desde essas cisternas nunca faltou água”. [...] “muito difícil, né. Às vezes acontece de faltar, mas é difícil. E aí cabou o sofrimento de pegar água”.*

> *E3: “Melhorou porque os carros-pipa botam água na cisterna. Porque antes quando não tinha cisterna eles colocavam no barreiro. Aí em pouco tempo o barreiro secava. E agora o carro-pipa coloca água na cisterna. Quando não chove. Porque quando chove sempre ela enche. A gente passa um tempo com água da chuva. Aí quando seca eles colocam”.*

> *E4: “Isso aí foi uma benção de Deus que veio pra gente...” [...] “...melhorou porque a gente tá com a água dentro de casa, aí melhorou muitas coisas”.*

> *E5: “Por enquanto tá bom. Facilitou muito que aí os carro-pipa abastece todo mês... O exército, né? Abastece todo mês, e aí ficou mais fácil. Facilitou mais”.*

> *E6: “Porque a água tá no pé. Não tem mais trabalho. Tenho a água pros bichinho, que às vezes eles não deixam faltar também”.*

> *E7: “Ah, melhorou muito. Porque aí já botava só na cisterna. E aí tá com pouco tempo, puxaram a água do rio São Francisco pra Icozeira e aí da Icozeira desce pro prédio, aí do prédio chega nas casas. Toda casa aqui é casa encanada que eu vi. Já tinha cisterna, né? Mas foi encanada a água do rio e aí a gente usa enchendo a*

cisterna... Pronto aí pra beber mesmo tira da cisterna".

O DSC 2 foi obtido a partir das respostas dos entrevistados à pergunta "E depois que chegou a cisterna? Como está o abastecimento da água?". Todos os entrevistados concordaram com o fato de que as cisternas resultaram na melhoria do acesso à água, já que ficou mais fácil "porque a água tá no pé" (E6). Percebe-se em alguns discursos a ênfase na presença do carro-pipa, como em "melhorou porque os carros-pipa botam água na cisterna [...]" e "por enquanto tá bom. Facilitou muito que aí os carro-pipa abastece todo mês... [...]". Essa ênfase no carro-pipa indica a ideia do uso da cisterna como um reservatório de água para abastecimento pelo caminhão-pipa, e não como parte de uma estrutura para coleta de água de chuva. Um dos entrevistados (E7) afirmou utilizar água encanada para abastecer a cisterna, indicando uma outra forma de abastecimento da cisterna além do carro-pipa e água de chuva. Por outro lado, a existência de uma rede pública de água revela dois pontos que merecem atenção. O primeiro diz respeito à viabilidade da execução de uma outra solução para o abastecimento de água da localidade, a rede pública distribuidora água, que geralmente possibilita melhores condições de atendimento da demanda de água. O outro ponto relaciona-se à existência de duas intervenções públicas para o enfrentamento da problemática do acesso à água. Apesar da rede pública complementar o abastecimento de água junto à cisterna já instalada, evidencia-se a situação de sobreposição de ações entre instituições públicas e gastos públicos extras associados a essa sobreposição.

DSC 3 – Chuvas são escassas e estão diminuindo na região. Portanto, moradores não estão coletando água de chuva. O abastecimento das cisternas ocorre pelo carro-pipa por ser a alternativa frente à falta de chuva.

E1: "Utiliza, minha fia, do carro pipa, porque chuvas aqui é rara. Porque, esse ano mesmo não choveu. E a gente necessita água de carro-pipa do exército para colocar água aqui". [...] "Se só fosse água da chuva não tinha água".

E2: "Mas vem diminuindo as chuvas..." [...] "acho que no tempo que chovia muito eu não era nascido não". [...] "Agora nessa época mesmo aqui tá tudo seco. E era da gente pegar água, né. Que a gente pegava água. Porque não tinha cisterna e a gente pegava água era das barragens. Hoje não tem". [...] "cada dia que vai passando parece que ela [chuva] vai demorando mais. Porque na verdade já é o tempo de tá chovendo aqui e inté agora não tá. Uma seca braba".

E4: "Pega de chuva, quando chove, porque agora tá com dois anos de seca, aí num tem nada". [...] "porque ano passado não choveu, esse ano não choveu até agora, nós estamos em novembro sem chuva, e aí mesmo só com o carro-pipa".

E5: "Não. Não. Só do pipa". [...] "Só do pipa que aí o pipa abastece sempre aí que a água de chuva... Tem um tanquezinho aí mas fica só para os animais. Aí a do pipa ficava só pra gente mesmo". [...] "é que eu pedi que quando eles fizeram a cisterna, eles pediram para não misturar a água da chuva com a água do pipa não que fica apodrecida dentro da cisterna. Aí pediram para não misturar a água".

E6: "Já botemos mas não dá certo não. Porque tem muito inseto. Tem muito inseto nessas telhas. Cria muito inseto nessas telhas. Telha veia, cria inseto, vai criando inseto, quando a chuva vem... Passa uns quinze dias, se chover? aí já tem um inseto naquelas telhas. A gente tira, mas com quatro, cinco dias já tem inseto de novo, porque não chove todo dia". [...] "Ela encheu mais ou menos uns três anos, por aí..." [...] "aí parou a chuva aí tem que botar da prefeitura. Outras vezes quando vai alterar não dava nem pra encher". [...] "Ah, tem um bucado de anos. Depois que o exército começou a botar água não botemos [água de chuva] mais não".

E7: "Quando que fizeram... aí foi em... não foi nem chuva pouca... É questão quando mudaram o... quando fizeram as cisterna a gente já encaminhou logo o pipa pra botar água, a prefeitura já mandou os pipas". [...] "aí pusemos um bando de tempo com o pipa... E aí quando eles encanou e saiu nós botemo". [...] "Não. Que às vezes... Esse ano passado mesmo aqui não choveu aqui. A chuvinha que deu não deu nem pra.. Aí nós ia ficar tudo seco. Tem ano que chove bastante, quando não tem é seca... Mas nós não chegamos lá de chuva".

O DSC 3 foi obtido a partir das respostas dos entrevistados às perguntas: "O objetivo da cisterna é coletar a água da chuva, mas em muitos lugares a cisterna armazena água de outras fontes, como caminhões-pipa. Sua cisterna funciona como: só com água de chuva ou tem outras fontes que abastecem?" e "A água de chuva é (ou seria) suficiente para abastecer a água na sua casa?". Como observado nas Expressões-Chave, os beneficiários não utilizam a cisterna para armazenamento de água de chuva devido à escassez de chuva na região. Um dos entrevistados também indicou a possibilidade de contaminação da água devido ao escoamento no telhado como um dos motivos do não uso da água de chuva. Essa afirmação foi feita pelo E6: "Já botemos mas não dá certo não. Porque tem muito inseto. Tem muito inseto nessas telhas".

Alguns dos entrevistados indicaram já terem coletado água de chuva em algum momento quando havia mais chuvas, como indicado nos trechos "pega de chuva, quando chove, porque agora tá com dois anos de seca, aí num tem nada" e "aí parou a chuva aí tem que botar da prefeitura". Entretanto, os entrevistados E5 e E7 indicaram durante a entrevista que nunca utilizaram as cisternas para armazenamento de água de chuva. Cabe salientar que as observações feitas em campo evidenciaram a ausência das calhas nas estruturas das cisternas, indicando a não utilização de captação de água de chuva.

Portanto, no contexto de escassez de chuvas, segundo ideário da população, o carro-pipa é a solução para o abastecimento de água. Uma das Expressões-Chave também evidenciou que o entrevistado foi instruído a não misturar água do caminhão-pipa com água de chuva na cisterna, como indicado no trecho: "eles pediram para não misturar a água da chuva com a água do pipa não que fica apodrecida dentro da cisterna".

DSC 4 – Cisternas são em sua maioria abastecidas por carros-pipa e população está satisfeita com o abastecimento.

E1: "Graças a Deus. A situação daqui, a seca terrível. Não tem outra água pro

pessoal das cisternas. [...] que vem do caminhão pipa".

E3: "Tô. Sempre não falta não" [...] "quando a cisterna tá pouquinha água aí é que a gente vai na Secretaria de Agricultura, aí chega lá e fala a eles, aí eles vem e coloca a água". [...] "botam. Faz muito tempo que a cisterna da gente não seca de tudo. Sempre quando vem tem um pouco de água".

E5: "Tamo. Sim, porque se não ficava tudo mais difícil, né? Não tinha como a gente pegar em outros lugar porque até agora onde a gente costumava pegar secou e onde tem o dos animais beber às vezes não dá pra gente beber".

E6: "Graças a Deus. Nós não faltar o exército não. E eles passa aqui sempre. Eu não sei como eles não passaram essa semana. Vem direto corrigir as água. Tudinho. Corrigir as água, mandando tratar as água se tá precisando de tratar, se tá tratada demais. Tudo eles fazem".

E7: "Faltava água não. Porque aqui mesmo eu botava... São três, né? Aí quando enchia um passava às vezes uns oito dias e enchia outro. Pra não ficar tudo num lugar só, né? Aí passava mais quinze dias e enchia outro. Quando enchia as três, pronto! Aí tava sossegado".

O DSC 4 foi obtido a partir das respostas dos entrevistados à pergunta "você está satisfeito(a) com o abastecimento com carro-pipa?". Como evidenciado pelas Expressões-Chave, os beneficiários estão bastante satisfeitos com o abastecimento pelos carros-pipa, já que a água não falta. Mesmo o entrevistado que afirmou ser abastecido por água encanada (E7) afirmou que quando sua cisterna era abastecida por caminhão-pipa a água não faltava.

DSC 5 – Alguns habitantes não enxergam outra alternativa viável para abastecimento de água no município além do caminhão-pipa.

E1: "Minha filha, aqui não existe outra coisa. Assim, até meu conhecimento... Porque ou é a da chuva ou do carro-pipa. A meu conhecimento não tem outra".

E6: "Se Deus mandar chuva a chuva é boa, que mandada por Deus não carece nada difícil. Mas se a chuva não tá vindo. Deus não tá mandando pra chuva, aí se não tiver o carro-pipa morre todo mundo da região aí. Porque tem deles que não pode ir pra Abaré. Tem os bichinho que não pode levar. Aí como é que vai os bichinho? Se não for os carro-pipa que manda não tem nada".

O DSC 5 foi obtido a partir das respostas dos entrevistados à pergunta "Como o abastecimento de água para sua casa e aqui para o município de Abaré poderia ser melhor? Que opções você sugere?". Alguns dos beneficiários não enxergam uma outra forma de abastecer suas casas além dos carros-pipa. Nesse tópico é válido ressaltar que, pelas repostas obtidas, os entrevistados se referiam à melhoria do abastecimento em relação à quantidade de água disponível. Não há evidências de que os entrevistados chegaram a cogitar a melhoria da qualidade da água disponibilizada.

DSC 6 – Alguns beneficiários enxergam a instalação de poços ou água encanada

como solução para melhoria do abastecimento de água no município de Abaré.

> *E2: "Ih... Quem sabe, lembre aí. Olhe, para melhorar isso aqui, o único acerto que podia ter é se fosse encanado água do Rio São Francisco ou então um poço que não falta água".*

> *E3: "Pra gente aqui acharia se fosse encanada". [...] "que viesse assim a água porque aqui teve um tempo mesmo que eles falaram até trazer a água pra gente..." [...] "aí desse rio que tem lá em Abaré. O rio São Francisco que passa aí em Abaré. Eles iam puxar a água encanada pra gente aqui".*

> *E5: "A água de outra forma seria essa água encanada a gente gostaria também. Ainda é melhor. Água encanada que ela diz. Era bem melhor".*

O DSC 6, assim como o DSC 5, foi obtido a partir das respostas dos entrevistados à pergunta "Como o abastecimento de água para sua casa e aqui para o município de Abaré poderia ser melhor? Que opções você sugere?". Alguns dos entrevistados apoiam a ideia de que o abastecimento seria melhor se houvesse água encanada ou abastecimento por poços. Assim como evidenciado no DSC 5, no imaginário dos beneficiários do P1MC em Abaré a melhoria do abastecimento se relaciona com a disponibilidade de água (quantidade e intermitência) e não com a qualidade da água disponível.

3.2 Análise da percepção técnica de informantes relacionados ao abastecimento de água no município de Abaré

Para este item foram realizadas duas entrevistas: uma com o secretário municipal de Abaré e outra com a técnica do P1MC no município. Devido à confidencialidade dos discursos, esses informantes foram identificados como E8 e E9. Os DSC gerados e suas Expressões-Chave relacionadas estão apresentados a seguir.

DSC 7 – A chegada das cisternas com o P1MC foi um dos melhores acontecimentos para a população rural de Abaré.

> *E8 – "A melhor tecnologia que teve para o semiárido foi a cisterna. Porque hoje a preocupação de armazenagem no município é séria. Felizmente temos barragens, barreiros mas não tem, pela falta de chuva, a única forma de armazenagem é a cisterna. Então essa é a melhor coisa que apareceu pro pessoal que mora no semiárido".*

> *E9 – "Porque antigamente não era uma cisterna. Era só um buraco que eles diziam que era cisterna. Com a chegada da cisterna de 16 mil litros de água melhorou bastante" [...] "Melhorou muito... Quer comparar a pessoa carregar água na cabeça de dois, três quilômetros... Na cabeça... E agora ter uma água próxima de casa, só chegou lá, abriu a cisterna e pegou a água pra consumir. Pro consumo. Melhorou muita coisa".*

O DSC 7 foi gerado a partir da pergunta do roteiro de entrevistas "O que mudou em relação ao abastecimento de água do município com a chegada do P1MC?". Como

observado pelas respostas dos informantes, o aparecimento das cisternas foi um dos melhores acontecimentos para a população do semiárido, já que facilitou o armazenamento de água e, portanto, melhorou o acesso à água, que está próxima das casas, evitando os desgastes relacionados com a procura de água.

É importante ressaltar que apesar da chegada das cisternas ser considerado algo positivo, existe a visão, mesmo por parte dos técnicos, de que a cisterna é um reservatório de água e não uma parte de um sistema de coleta de água de chuva. Essa ideia é evidenciada pelo trecho do técnico E8: "pela falta de chuva, a única forma de armazenagem é a cisterna".

DSC 8 – O principal problema relacionado ao abastecimento de água pela cisterna é a possibilidade de contaminação da água, já que não há um controle eficaz da qualidade da água da cisterna e os carros-pipa abastecem cisternas com água bruta.

> *E8 – "Problemas são referentes a parte da saúde mesmo. Referente à contaminação da água. Nós não temos esse controle hoje. Sinceramente, não podemos fazer esse trabalho porque são muitas cisternas no município. Então, o principal problema é a contaminação da água que não chega de boa qualidade para o agricultor, pra pessoa que mora nessas áreas remotas. Esse é o principal problema de saúde".*

> *E9 – "em relação ao abastecimento, era pra ser um água, é... mais pura, saudável. Porque a água que é levada para a população da zona rural consumir é uma água bruta. Que é tirada lá da beira do rio e é levada para a população, que até mesmo essa água deixa o pessoal feliz, porque pelo simples fato de ter água ali pertinho já trás felicidade pra eles, né? Mas o que poderia mudar é uma água tratada, se essa água fosse tratada diretamente da Embasa, que tivesse o mesmo tratamento que o pessoal aqui da rua. Que a gente consome a água tratada".*

O DSC 8 foi gerado a partir da pergunta "Você poderia indicar os problemas relacionados com o abastecimento de água a partir das cisternas?". Como observado pelas respostas, o principal problema levantado do abastecimento de água com as cisternas foi a falta de confiabilidade na qualidade da água disponível para consumo dos beneficiários. Um dos motivos apontados refere-se à não realização do controle da qualidade de água das cisternas por parte do município, como evidenciado em "Nós não temos esse controle hoje. Sinceramente, não podemos fazer esse trabalho porque são muitas cisternas no município".

Um outro motivo para a falta de confiabilidade na água armazenada na cisterna se deve à utilização de água bruta para abastecê-las, como evidenciado em "Porque a água que é levada para a população da zona rural consumir é uma água bruta. Que é tirada lá da beira do rio e é levada para a população [...]". É possível inferir novamente por meio dos discursos a visão de utilização da cisterna como um reservatório e não como parte de um sistema de coleta de água de chuva.

DSC 9 – Carros-pipa fazem parte da realidade local e são necessários para o

abastecimento das cisternas rurais frente à escassez das chuvas.

E8 – "antes das cisternas a escassez de água era precária, o pessoal ia buscar água distante, através dos carros-pipa juntamente com as cisternas teve essa armazenagem. E os carros-pipa hoje é o sonho das pessoas. A maior realização de um agricultor hoje que não tem água é ver um carro-pipa chegando na sua porta e despejando a água na cisterna" [...] "Hoje a região de Abaré não tem... Baixos índices pluviométricos, né? O pessoal não tem expectativa de chuva por causa das cisternas. Infelizmente a expectativa deles hoje é zero. A única realização deles com água é o carro-pipa. Então a água da chuva é se não chover eles vão ter água, graças ao carro-pipa. Eles não esperam água de chuva. Infelizmente. É pra ser, mas o pessoal não espera. E quando chove se tiver água do carro-pipa realmente eles não coletam a água... É aquele negócio, não querem misturar, né? [...]"

E9 – "no meu ponto de vista o carro-pipa, eu observei... Como é que vai encher uma cisterna hoje em dia aqui no município? Aqui, em Chorrochó, Macururé se não for através do carro-pipa? Querendo ou não tem que utilizar o carro-pipa. Seja pela prefeitura, pelo exército, seja comprada. De qualquer maneira tem que usar o carro-pipa. Como é que vai abastecer se nós não temos mais chuva? Não tem chuva suficiente para encher uma cisterna. Deus não mandou mais chuva aqui pra gente, certo? A gente tá sem chuva. Só tá tendo só o inverno. E inverno não tá dando nem pra plantar, pior encher uma cisterna. Se não fosse o abastecimento do carro-pipa não tinha como abastecer a zona rural. Não tem água em lugar nenhum".

O DSC 9 foi obtido a partir da pergunta geradora "Como é a situação dos carros-pipa no município? Como eles influenciam no abastecimento das cisternas?". As Expressões-Chaves resultantes evidenciam a importância da existência do caminhão-pipa para garantia do abastecimento de água na zona rural do município frente à escassez das chuvas. Sem o carro-pipa não haveria abastecimento de água, como evidenciado em "Se não fosse o abastecimento do carro-pipa não tinha como abastecer a zona rural. Não tem água em lugar nenhum". Apesar de o carro-pipa também estar associado à submissão dos sertanejos a relações clientelistas para obtenção de água, também é o carro-pipa que garante o abastecimento de água frente à falta de chuva.

Também é observado no trecho "E quando chove se tiver água do carro-pipa realmente eles não coletam a água... É aquele negócio, não querem misturar, né?" que mesmo quando há chuva pode não haver coleta de dessa água devido à cultura da população em não misturar a água do carro-pipa com a água pluvial. Esse é também um aspecto a ser levado em conta no conjunto de fatores relacionados à escassez de recursos hídricos na região.

DSC 10 – Apesar de benéficas, as cisternas do P1MC não são vistas como uma solução definitiva.

E8 – "Não. É uma alternativa que deu certo para amenizar o sofrimento com a escassez de água. Mas nós moramos tão perto de um rio. Apesar dos problemas ambientais, do nosso rio estar abaixo do nível desejável, mas tem que ter mais

adutoras. A grande solução seria você levar a água do rio para o povo. Não esperar pela cisterna, porque cisterna, existe aquele problema de atraso de água".

E9 – "Porque se o governo municipal, junto com o governo federal, junto com os outros órgãos se organizassem e fizessem uma barragem, uma adutora... Planejasse, né. Dividisse as comunidades e fizessem pelo menos duas adutoras, ou duas barragens, que desse pra tirar essa água pra abastecer as comunidades, mudaria um monte de coisa, não precisava tá colocando a água nas cisternas, e nem não ia ter gente... Porque tem gente que também... Que precisa comprar água, né? Tem pessoas que precisam comprar água, porque a água também não chega pra todo mundo. Não chega para os animais aí eles têm que comprar".

O DSC 10 foi gerado a partir da pergunta do roteiro de entrevista "Você considera a cisterna uma solução definitiva para o abastecimento de água no município de Abaré? Por quê?". Como observado nas respostas dadas pelos informantes, as cisternas não são consideradas como uma solução definitiva para o abastecimento de água. Mesmo com as cisternas, há dificuldades no abastecimento água na zona rural no município de Abaré, já que a água pode demorar a chegar, como evidenciado em "Não esperar pela cisterna, porque cisterna, existe aquele problema de atraso de água".

As Expressões-Chave associadas ao DSC 10 também já evidenciam a solução mais adequada para o abastecimento de água no município segundo a visão dos informantes: a construção de adutoras e barragens para levar água do Rio São Francisco para os sertanejos.

DSC 11 - Soluções para a situação de abastecimento de água no município de Abaré envolvem a construção de adutoras, poços e barragens.

E8 – "mais adutoras. Hoje nós temos. Existe um povoado, ele tem uma adutora. Fizeram esse trabalho. Colocaram uma encanação até lá. São 25km. Com a captação até esse povoado. Então tem essa comunidade. E é a solução deles. É uma região distante do rio que não daria para ser abastecido por carro-pipa, que já é uma comunidade de mil habitantes, então, já pensou, carro pipa abastecendo todo mundo? Então tem outras alternativas... Não chega com pressão suficiente. Nossa adutora ela não é uma das melhores, das mais potentes, então a água chega lá já é escassa. Às vezes a água não sobe nem pra caixa d'água. A pressão não deixa. A gente tem que coletar nas torneiras. Pra fazer o consumo. Mas é a alternativa. Foi o que deu certo lá, apesar de não ter pressão para subir nas casas. Acho que pode... Coleta no balde e faz o seu uso".

E9 – "Pra resolver é como eu disse, só se for esse caso aí porque não tem como encanar a água para todas as comunidades. Teve muita gente que mora aqui por perto que falou que é se tivesse água encanada, mas não tem. Se você for fazer um planejamento, uma avaliação pra você tirar água do rio São Francisco pra levar até Lagoa José Alves que é o município mais distante que tem da Icozeira pra lá, é longe da Icozeira pra lá, como é que vai chegar essa água até lá Lagoa José Alves, por encanação? Se tem as pessoas que ainda tiram a água, desvia a água no meio, né?

Quebra os canos ou fura os canos. A única solução que é é poços, poços artesianos e adutora. Pra poder... E barragens, barragens grandes. Pra poder ter água pra todo mundo. Pra todo mundo ficar satisfeito com a água. Pra mim só existe três soluções: que é isso. Agora que os poços sejam de água doce e que a barragem seja grande e a adutora seja uma adutora que tenha realmente capacidade de fazer um abastecimento".

O DSC 11 foi gerado a partir da pergunta "quais possíveis soluções você considera para o município?". A principal resposta a essa pergunta é a construção de barragens e adutoras já foram apresentadas no DSC 10. Além dessas duas soluções, um dos informantes também sugere a instalação de poços. Informantes também chamam atenção para os problemas associados à instalação de adutoras para levar água encanada para a zona rural: a falta de pressão para chegar às comunidades, como evidenciado em "Não chega com pressão suficiente. Nossa adutora ela não é uma das melhores, das mais potentes, então a água chega lá já é escassa. Às vezes a água não sobe nem pra caixa d'água. A pressão não deixa" e os desvios que podem ocorrer no caminho da água até as comunidades, como evidenciado em "como é que vai chegar essa água até lá Lagoa José Alves, por encanação? Se tem as pessoas que ainda tiram a água, desvia a água no meio, né? Quebra os canos ou fura os canos".

4 | CONCLUSÃO

Ao se estudar a percepção de informantes-chave sobre o P1MC foi evidenciada a dificuldade de obtenção de água antes da chegada das cisternas na região e a melhoria da qualidade de vida da população devido à facilidade de acesso água proporcionada após a chegada da cisterna. Constatou-se que há plena aceitação ao Programa, tanto por parte dos beneficiários entrevistados como dos técnicos. Entretanto, nos relatos pôde-se constatar que tal aceitação se relaciona mais à proximidade do reservatório de 16 mil litros ao ponto de consumo na residência e seu abastecimento continuado por carros-pipa. Os entrevistados relataram as dificuldades da captação da água de chuva por sua irregularidade e os longos períodos de estiagem. Com isso, constata-se que as cisternas vêm sendo utilizadas como reservatórios, inclusive nas comunidades que passaram a ser beneficiadas por sistema de distribuição de água.

Contraditoriamente aos objetivos da ASA e do P1MC de garantir acesso à água de qualidade à população do semiárido e de promover a gestão democrática da água, a região ainda está submetida ao uso do carro-pipa e das suas lógicas políticas que historicamente mantiveram a população subordinada às relações de poder e mando das elites dirigentes e econômicas da região que continuam a manter o controle sobre a água. Por outro lado, embora o carro-pipa venha sendo utilizado em larga escala, não existem mecanismos de controle, quer seja dos órgãos federais e municipais, ou ainda da população, para garantir a distribuição de água potável.

Tanto os técnicos como os beneficiários também admitem a adoção de outras tecnologias para o abastecimento humano de água. Entre as propostas apresentadas, o abastecimento de água por meio de poços e a construção de adutoras e barragens.

Dada a complexidade socioambiental da região semiárida, das diversas realidades da região, inclusive quanto ao regime de chuvas, é necessário a formulação de uma política pública para a região, com a participação dos diversos segmentos da sociedade e níveis de governo, com vista à universalização do acesso à água. Também é necessário estabelecer programas, projetos e ações que considerem as diversas realidades locais tanto do ponto de vista climático, como social, político e institucional e que dialoguem com os pressupostos da convivência com o semiárido e a gestão democrática da água.

No que se refere à questão tecnológica, se faz necessário estudar as diversas alternativas para o abastecimento humano de água, tais como: uso da água dos reservatórios disponíveis que devem ter manejo e controle adequados da água armazenada; implantação de sistemas de abastecimento de água por captação superficial e subterrânea, após criterioso estudo dos mananciais em termos de vazão e qualidade da água; uso de dessalinizadores com reuso do rejeito para águas de poços com água salobra; captação e armazenamento de água de chuva por meio de barragens subterrâneas e cisternas; uso eficiente da água dos sistemas existentes com redução de perdas; reuso da água de sistemas de esgotamento sanitário para usos não nobres, além de um amplo programa de reflorestamento e proteção de nascentes.

Por fim, acredita-se que a questão do acesso à água no semiárido, principalmente das populações historicamente vulnerabilizadas, passa pela adoção de políticas públicas inclusivas, democráticas e sustentadas nos pressupostos da justiça social.

REFERÊNCIAS

BONIFÁCIO, S. N. **A percepção dos beneficiários do P1MC quanto à utilização das cisternas de água de chuva no semiárido mineiro**. 2011. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

LEFÈVRE, A. M. C., CRESTANA, M. F., CORNETTA, V. K. **A utilização da metodologia do discurso do sujeito coletivo na avaliação qualitativa dos cursos de especialização "Capacitação e Desenvolvimento de Recursos Humanos em Saúde-CADRHU"**. Saúde e Sociedade, São Paulo, v.12, n.2, p.68-75, jul./dez. 2003.

LEFÈVRE, F.; LEFÈVRE, A. M. C. **Discurso do sujeito coletivo: um novo enfoque em pesquisa qualitativa**. 2. ed. Caxias do Sul: Educs, 2005. 256 p.

CAPÍTULO 19

AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE SANEAMENTO E DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DOS TRIBUTÁRIOS DO SISTEMA LAGUNAR DE MARICÁ, RJ

Data de aceite: 01/04/2021

Luane Marques Toledo
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UERJ
http://lattes.cnpq.br/4230696607784275

Fernanda Carvalho Moreno Wall
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UERJ
http://lattes.cnpq.br/4395601459225308

Marcelo Obraczka
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UERJ
https://orcid.org/0000-0002-7322-9223

André Luís de Sá Salomão
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UERJ
https://orcid.org/0000-0001-8105-9546

RESUMO: A falta de um sistema de saneamento básico eficiente e com ampla cobertura de acesso à população pode acarretar num aumento dos riscos ambiental e de saúde humana, tendo como consequências a poluição ambiental e o aumento na incidência de doenças. O correto planejamento urbanístico aliado a gestão eficiente dos recursos são exemplos de ações mitigadoras que podem resultar em soluções eficientes e definitivas para a falta de saneamento básico nos municípios. A partir de índices de qualidade das águas (IQA) e indicadores de saneamento disponibilizados nos bancos de dados do INEA e do SNIS, o presente trabalho objetivou apresentar um panorama ambiental do Sistema Lagunar de Maricá (SLM), e apresentar propostas para melhoria de suas condições. A fim de se obter uma percepção mais abrangente do panorama ambiental do SLM foi selecionado um sistema lagunar vizinho com características semelhantes, o Sistema Lagunar de Saquarema (SLS). Após a análise dos dados obtidos, constatou-se que a precariedade da qualidade da água do MLS estava relacionada às áreas com piores condições ou falta de saneamento básico adequado, embora essas áreas estivessem localizadas na zona urbana de Maricá, tendo efeitos diretos na qualidade da água de sua bacia hidrográfica contribuinte. Sendo assim, para a melhoria da qualidade das águas do SLM em um curto prazo, uma das alternativas emergenciais propostas foi a adoção de um sistema de captação de esgoto em tempo seco, nos mesmos moldes das já utilizadas com sucesso nos complexos lagunares vizinhos (Saquarema e Araruama).

PALAVRAS-CHAVE: Lagoa de Maricá, Indicadores de Qualidade, Índice de Qualidade das Águas, Captação de tempo seco, *Wetlands* construídos.

EVALUATION OF SANITATION INDICATORS AND WATER QUALITY OF THE TRIBUTARIES OF MARICA LAGOON SYSTEM - RJ

ABSTRACT: The lack of an efficient basic sanitation system and with broad coverage of access to the population can lead to an increase in environmental and human health risks, resulting in environmental pollution and an increase in the incidence of diseases. The correct urban

planning combined with the efficient management of resources are examples of mitigating actions that can result in efficient and definitive solutions to the lack of basic sanitation in the municipalities. Based on water quality indexes (WQI) and sanitation indicators available in the INEA and SNIS databases, the present study aimed to present an environmental panorama of the Marica Lagoon System (MLS), and to present proposals to improve its conditions. In order to obtain a more comprehensive perception of the LSM's environmental panorama, the Saquarema Lagoon System (SLS), a neighboring lagoon system with similar characteristics was selected. After the analysis of the obtained data, it was found that the precariousness of the MLS water quality was related to the areas with the worst conditions or the lack of adequate basic sanitation, even though these areas were located in the urban areas of Marica, having direct effects on the water quality of its contributing hydrographic basin. Therefore, in order to improve the quality of SLM waters in the short term, emergency alternatives should be taken such as the adoption of dry weather sewage intakes, similar to those already used successfully in two neighboring lagoon systems (Saquarema and Araruama).
KEYWORDS: Marica Lagoon, Quality Indicators, Water Quality Index, Dry Weather Capture, Constructed Wetlands.

1 | INTRODUÇÃO

A ocupação populacional crescente e desordenada, sem planejamento urbanístico e infraestrutura adequada de saneamento básico causam um impacto negativo nas bacias hidrográficas locais (CRISTIANO et al., 2018). Uma das principais consequências do crescimento populacional nas cidades é o aumento no consumo de água (FAN et al., 2017), resultando num consequentemente aumento na geração de efluentes (domésticos, municipais e industriais). Tais fatores resultam em poluição e degradação ambiental (GIORDANO et al, 2019). Outra consequência da falta de infraestrutura compatível com o crescimento populacional é a propagação de doenças de veiculação hídrica (VON SPERLING, 2005).

A presença de esgotos domésticos no ambiente é um dos problemas mais graves e crônicos no Brasil, afetando não somente a qualidade ambiental como também a saúde pública (HONORATO et al., 2020). Segundo dados de saneamento básico no Brasil, em 2018 somente 46% do volume gerado nos munícipios brasileiros passaram por algum tipo de tratamento e quase 100 milhões de brasileiros não tiveram acesso a este serviço (SNIS, 2018).

Cidades litorâneas possuem diversos atrativos econômicos e paisagísticos devido à presença de oceanos, lagoas e rios (LACHER et al., 2013; CRISTIANO et al., 2018). Dentre os diversos municípios costeiros brasileiros, que apresentam tais atrativos, pode ser destacado no Estado do RJ o município de Maricá, onde se localiza o Sistema Lagunar de Maricá (SLM). O SLM vem sendo o ponto focal e primordial para o desenvolvimento do município, desde 1950, tendo como principal atividade econômica a pesca (FRANCO et al, 2019; LOUREIRO et al, 2010). No entanto, o intenso processo de ocupação e exploração

imobiliária das áreas marginais das lagoas que compõem o complexo vêm causando grandes impactos, sendo o principal deles, a poluição das águas do complexo com o constante lançamento clandestino de efluentes (WALL et al., 2019).

A construção e aplicação de indicadores de qualidade têm por objetivo simplificar o processo de comunicação com o usuário, a partir de uma síntese dos resultados ou redução do número de parâmetros utilizados para diversos fins, com vantagens diferentes em cada contexto (ALEGRE et al., 2016). Os indicadores de qualidade têm sido aplicados em sistemas de planejamento e gestão de saneamento, como indicadores de saneamento, uma vez que são elementos específicos de monitoramento (VON SPERLING et al., 2013).

Importantes instrumentos de planejamento como o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) e o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) fazem uso de diversos indicadores de saneamento básico, como: Índice de atendimento da população com rede de abastecimento de água em relação à população total; Índice de atendimento da população por rede coletora de esgotos em relação a população total; Índice de esgoto total tratado em relação ao total de água consumida (coeficiente transformação água/esgoto de 0,80), dentre outros (BRASIL, 2020; ABES, 2015).

O índice de qualidade das águas (IQA) vêm sendo muito aplicado em estudos de monitoramento de ambientes aquáticos (TOLEDO *et al*, 2020). Sendo este, uma ferramenta de integração de um conjunto de parâmetros físico-químicos e biológicos, majoritariamente indicadores de contaminação por esgotos domésticos (ANA, 2005). Este índice tem o intuito de simplificar a comunicação com o usuário, sendo a classificação associada a uma escala de cores, facilitando a interpretação dos resultados (TIAN et al, 2019). O presente estudo teve o objetivo avaliar a relação entre as condições de saneamento básico do município de Maricá e a degradação do Sistema lagunar de Maricá (SLM), através da aplicação de um grupo de indicadores de saneamento e do índice de qualidade das águas (IQA).

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Local de Estudo

O município de Maricá possuía uma população estimada em 153 mil habitantes (IBGE, 2017), sendo o 22º município mais populoso dentre os 92 municípios do Estado. Entre 2000 e 2010 apresentou a maior taxa de crescimento populacional (5,2%) dentre os municípios brasileiros, superando a média nacional (1,2%) (ATLAS BRASIL, 2013). Onde sua proximidade com a capital do Rio de Janeiro e com dois grandes polos industriais do Estado (Macaé e o Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro, COMPERJ) foi determinante para os inúmeros investimentos em infraestrutura e habitação (INEA, s.d.).

O Sistema Lagunar de Maricá (SLM) se encontra inserido na Região Hidrográfica V – Baía de Guanabara e a cerca de 60 km da capital do Estado do Rio de Janeiro (ERJ).

Este sistema é formado pelas lagoas costeiras de Araçatiba, Jacaroá, Guarapina, Jaconé, da Barra e do Padre, ocupando uma área de aproximadamente 330 km², sendo este um dos maiores sistemas lagunares do ERJ (Figura 1). Estas lagoas possuem canais de comunicação com o mar, os quais ficam abertos permanentemente ou de forma sazonal (AMADOR, 2007). Os maiores contribuintes do SLM são os rios Caranguejo, Ludigero e Mombuca (INEA, s.d.).

Nas últimas décadas, a ocupação marginal indevida resultou em assoreamentos, redução de espelho d'água e da mata ciliar, impactando negativamente o SLM (WALL et al., 2019). O lançamento clandestino de efluentes e a disposição inadequada de resíduos sólidos resultaram em processos de eutrofização das águas e a consequente redução da biodiversidade local, com os frequentes eventos de mortandade de peixes (Figuras 2 e 3), prejudicando diretamente as atividades turísticas e de pesca artesanal (WALL et al., 2019). A extração de areia e argila e a pecuária de bovinos e equinos são outros fatores que também vêm contribuindo para a degradação da qualidade ambiental do SLM (CRUZ et al, 1996; CRUZ, 2010).

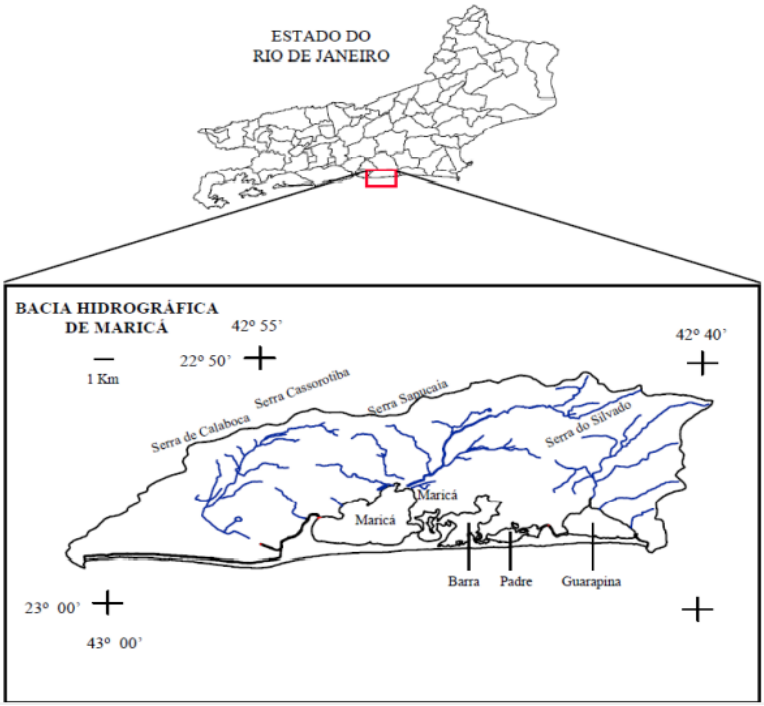


Figura 1 - Sistema Lagunar de Maricá (SLM), localizado no Município de Maricá no Estado do Rio de Janeiro.

Fonte: IBGE, s.d.; Ambiental, 2014.



Figuras 2 e 3 - Eutrofização e mortandade de peixes verificadas no SLM.

Fonte: Prefeitura de Maricá

Avaliação das Condições de Saneamento Básico

O presente estudo foi realizado em três etapas. Na *primeira etapa*, foi feito um levantamento dos dados de saneamento, através de uma busca por referências bibliográficas e legislações pertinentes ao tema estudado, sendo elaborada uma base de dados para o melhor entendimento do panorama do SLM.

Na *segunda etapa*, foram definidos os índices e indicadores a partir das informações obtidas dos bancos de dados do SNIS e do INEA. Usando como base o período de 2010 a 2016, os índices e indicadores adotados foram: de coleta e tratamento de esgoto; de atendimento urbano de água; e de consumo médio *per capita* de água. Para efeito de comparação e visando uma melhor compreensão e analise dos resultados obtidos, foi selecionado e estudado outro sistema lagunar de características semelhantes e próximo ao SLM: o Sistema Lagunar de Saquarema (SLS). Entre as muitas semelhanças que o SLS apresenta em relação ao SLM destacam-se: importância no contexto local; características geográficas, geomorfológicas, climáticas, pluviométricas e antrópicas; uso e ocupação do solo; e características de sazonalidade da população local (WALL et al., 2019; BIDEGAIN e PEREIRA, 2005).

Na *terceira etapa* foi calculado o Índice de Qualidade das Águas (IQA), de acordo com a metodologia proposta pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2005), e que também vem sendo usado pelo INEA como principal mecanismo para a avaliação da qualidade das águas no Estado do Rio de Janeiro. Para o cálculo do IQA foram levantados os dados/parâmetros de monitoramento do INEA referentes aos principais corpos hídricos que deságuam nos sistemas lagunares estudados, sendo eles: oxigênio dissolvido (OD), coliformes fecais, potencial hidrogeniônico (pH), demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5), temperatura, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e sólidos totais. O resultado variou de 0 a 100 em uma escala crescente de qualidade das águas, dividida em cinco classes:

Péssima (0-25); Ruim (26-50); Razoável (51-70); Boa (71-90); Ótima (100-91).

Os dados utilizados foram provenientes dos pontos de monitoramento do INEA, que realiza esse controle através de estações de monitoramento distribuídas pelas bacias hidrográficas do ERJ. As estações de monitoramento selecionas para o presente estudo dos sistemas lagunares estudados (SLM e SLS) foram apresentadas nas figuras 4 e 5.

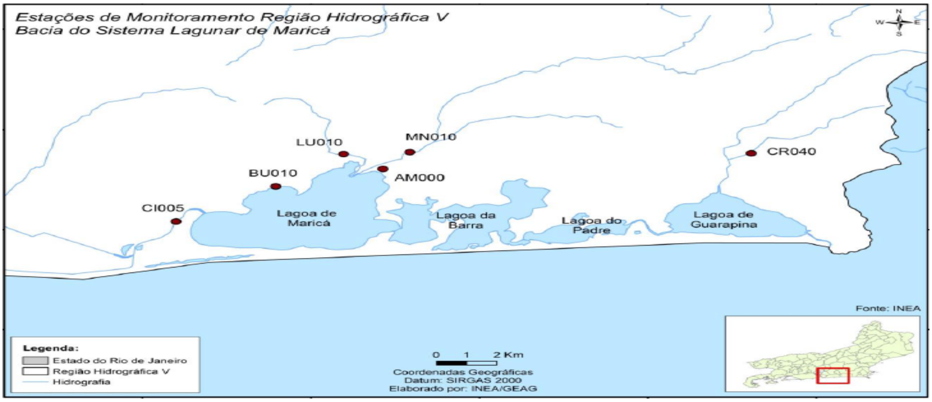


Figura 4 - Estações de Monitoramento em afluentes ao Sistema Lagunar de Maricá (SLM): CI005 – Canal de Itaipuaçu; BU010 – Canal de Buriche; LU010 – Rio Ludigero; MN010- Rio Mombuca; AM000- Canal do Aeroporto e CR040- Rio Caranguejo.

Fonte: INEA, 2017.

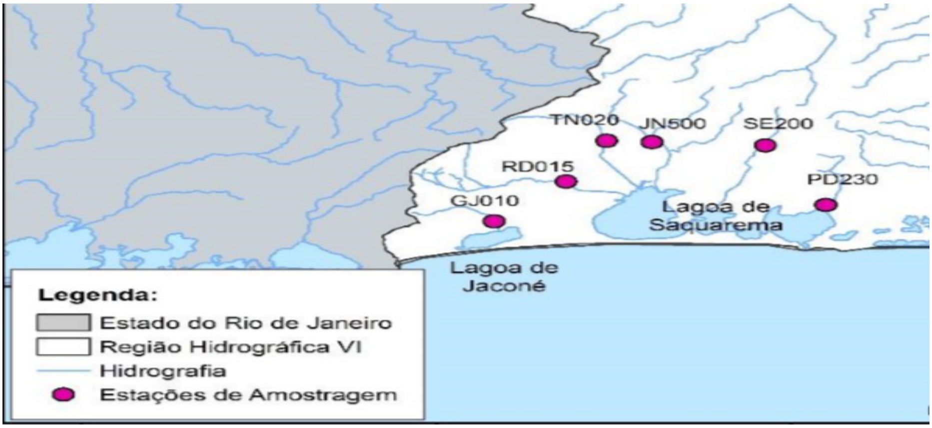


Figura 5 - Estações de Monitoramento em afluentes ao Sistema Lagunar de Saquarema (SLS): RD015 – Rio Roncador; TN020 – Rio Tinguí; JN500 – Rio Jundiaí; SE200 – Rio Seco e PD230 – Rio do Padre.

Fonte: INEA, 2017.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Indicadores de saneamento

Segundo dados divulgados pela ANA (2017), o município de Maricá possui apenas 2% de suas residências contempladas com serviço de coleta e tratamento de esgoto, outros 15% com coleta e sem tratamento de esgoto, e cerca de 52% das residências com soluções individuais fazendo uso de fossas sépticas (IBGE, 2010).

Segundo o censo realizado pelo IBGE (2010), 28% dos domicílios de Maricá faziam uso de fossas rudimentares como destinação final de seus esgotos domésticos, enquanto apenas 12% dos esgotos domésticos foram captados pela rede geral (Figura 6).

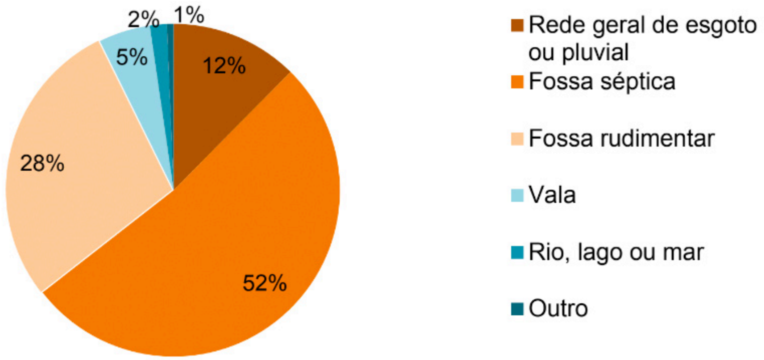


Figura 6 – Destinação final ou formas de tratamento de esgoto doméstico adotados nas residências de Maricá.

Fonte: IBGE, 2010.

Dada a carência do sistema de abastecimento público de água local, boa parte da população usa meios alternativos de abastecimento, como captação de água pluvial, caminhão pipa e/ou poços freáticos como principal meio de abastecimento (OHNUMA et al, 2019). No entanto, considerando a alta densidade populacional na área próxima ao Centro do município e o uso de fossas sépticas ou rudimentares e sumidouros por cerca de 80% dessa população, o uso de poços para suprir a demanda por água por grande parte da população, é um fato bastante alarmante do ponto de vista sanitário e de saúde pública. Existe uma grande probabilidade desta água estar contaminada por esgotos (PMSB, 2015; AMBIENTAL, 2014).

A Tabela 2 foi construída a partir das informações dos quatro bancos de dados oficiais avaliados, com os dados referentes aos serviços de saneamento básico de abastecimento de água e esgotamento sanitário do município de Maricá.

Banco de Dados	Abastecimento de água	Coleta de esgoto	Tratamento de esgoto
IBGE	18,95%	12,38%	64,4%
ANA	-	17%	54%
SNIS	57,98%	16,86%	34,65%
ABES	55,94%	11,02%	6,06%

Tabela 2 - Dados de cobertura dos serviços de saneamento básico no município de Maricá.

Fonte: IBGE (2010), ANA (2013), SNIS (2013, 2016), ABES (2019)

A variação nos resultados verificados entre as fontes pode ser explicada, em parte, pelas datas de coleta dos dados e sua publicação, assim como pelos meios distintos de obtenção deles. Enquanto que os dados da ABES e SNIS são informados pelas concessionárias prestadoras de serviços, o IBGE realiza consultas periódicas à população e a ANA utiliza levantamentos em campo. Não obstante, mesmo com esta variação nos dados, todos reforçam as condições precárias do saneamento básico de Maricá. Cabe ressaltar que no município de Maricá são utilizadas em grande parte fossas sépticas, correspondendo a 51,9% do total de 64,4% indicado pelo IBGE (2010) e 52% do total de 54% indicado pela ANA (2013).

Entre os anos 2010 e 2016 o crescimento populacional do município (17,6%) não foi acompanhado pelo avanço da infraestrutura de saneamento básico, tanto no que se refere aos serviços de abastecimento de água (16,4%) quanto aos de esgotamento sanitário (16,3%). Dessa forma, pode ser observada uma grande carência nos serviços oferecidos a população local no setor de saneamento básico (Figura 7).

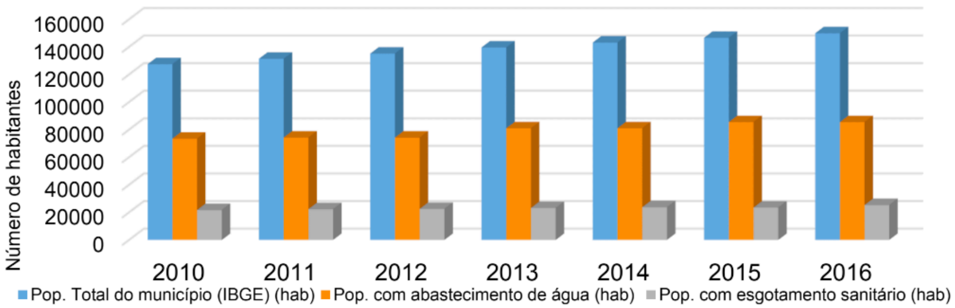


Figura 7 - População total e população atendida por redes gerais de abastecimento e esgotamento para o município de Maricá no Estado do Rio de Janeiro.

Fonte: Adaptação do SNIS, 2016.

Quando comparado com o município de Saquarema, os indicadores de saneamento

de Maricá apresentam uma diferença significativa. A Tabela 3 apresenta uma comparação da evolução de índices/indicadores de saneamento entre os municípios estudados, no período entre 2010 e 2016.

De acordo com esses dados, constatou-se que o índice de atendimento de água em Maricá não apresentou nenhuma melhora no período analisado, com menos de 60% de cobertura da população. Índice esse bem reduzido considerando tanto a média do estado (92,5%) como as metas de abastecimento de domicílios rurais e urbanos projetadas pelo PLANSAB para 2010, de 96%.

Por outro lado, o município de Saquarema apresentou um aumento de 94% para 97%, ou seja, muito superior à de Maricá e superior à média estadual e a meta do PLANSAB (BRASIL, 2013; SNIS, 2016).

	Período de avaliação	População (mil hab.)	Coleta de esgoto (%)	Tratamento de esgoto (%)**	Atendimento urbano de água (%)	Consumo médio *per capita* de água (l/hab./dia)
Maricá	2010	127.461	17.0	66.6	57.6	214.4
	2011	131.355	17.0	66.6	56.5	153.3
	2012	135.121	16.6	68.3	54.9	156.0
	2013	139.552	16.6	68.3	58.0	150.0
	2014	143.111	16.6	34.5	56.6	143.9
	2015	146.549	16.0	34.1	58.3	140.0
	2016	149.876	16.9	34.7	57.0	129.5
Saquarema	2010	74.234	69.3	–	94.0	52.2
	2011	75.906	82.8	100.0	100.0	49.5
	2012	77.522	90.0	100.0	93.9	51.9
	2013	79.421	59.5	100.0	94.0	57.3
	2014	80.915	53.3	100.0	94.4	71.8
	2015	82.359	56.6	100.0	95.6	107.5
	2016	83.750	55.9	100.0	97.3	110.3

*Em relação ao que é coletado.

Tabela 3 - Comparativo dos Indicadores de Saneamento para Maricá e Saquarema.

Fonte: Adaptação do SNIS, 2016.

A despeito do elevado crescimento de sua população, os índices de coleta de esgoto do município de Maricá mantiveram-se estáveis, em torno de 17%, valor este extremamente reduzido se comparado, por exemplo, a média desse indicador para o ERJ (66,8%) (SANEAMENTO BÁSICO, s.d.).

Já em Saquarema, o índice referente a este serviço foi consideravelmente maior

entre 2010 e 2012, passando de 70% para 90%. Vale destacar que em 2013, pode ser constatado que o índice de coleta de efluentes em Saquarema apresentou uma queda abrupta, passando de 90 a 59,5%. Tal discrepância pode ser associada à mudança no método do cálculo deste indicador, embora este novo patamar (entre 60 e 56%) permaneceu ainda sendo muito superior aos índices apresentados por Maricá no mesmo período (2013-2016).

A grande deficiência nos serviços de saneamento do município de Maricá fica ainda mais evidente quando seus indicadores são comparados aos valores médios dos indicadores de coleta de esgoto (61%) e tratamento de esgoto (43%) no país (ANA, 2017). De acordo com as metas do PLANSAB para o ano de 2010, a cobertura prevista seria de 87% de coleta de esgoto para domicílios urbanos e rurais e 91% somente para domicílios urbanos, bem como 43% de tratamento do efluente coletado (PLANSAB, 2013). Por outro lado, os dados do SNIS indicaram que em 2016, Saquarema tratava 100% de todo o esgoto coletado, alcançando, já em 2011, as metas do PLANSAB.

De acordo com dados do Ranking de Saneamento da ABES (ABES, 2019), cabe destacar que Maricá ocupava a posição 143ª em relação aos 154 municípios de grande porte avaliados pelo estudo na sua 3ª categoria (Empenho para Universalização), ficando a frente somente de Angra dos Reis no ERJ. O município de Saquarema não foi computado nesse ranking.

Condições ambientais e índices de qualidade das águas (IQA)

As figuras 8 e 9 apresentam as médias mensais do cálculo do IQA para os corpos hídricos contribuintes do SLM e do SLS monitorados pelo INEA, no período entre 2014 e 2017.

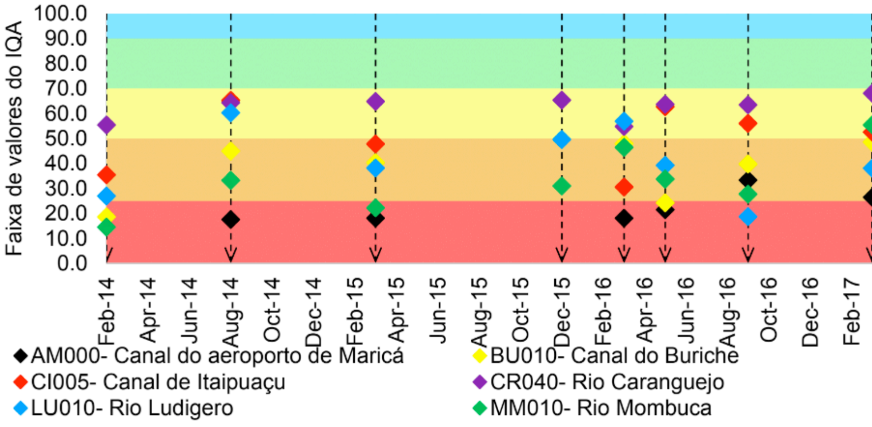


Figura 8 - Monitoramento dos dados de IQA de rios e canais afluentes ao Sistema Lagunar de Maricá no período de 2014 a 2017.

Fonte: Adaptação do INEA (2014 a 2017).

Os pontos de monitoramento do SLM apresentaram variações de "Razoável" a "Péssima", sendo 34,1% Razoável; 45,45% Ruim e 20,45% Péssimo, não apresentado nenhum resultado acima de 70 pontos. Os piores resultados foram obtidos no monitoramento do Canal do Aeroporto de Maricá, fato que pode ser justificado devido à sua localização próxima ao centro mais urbanizado, que não dispõe de um sistema de esgotamento sanitário adequado. Cabe destacar que esse canal desagua na lagoa próximo a ETE de Araçatiba, a maior das quatro ETEs existentes no município, que atualmente encontra-se desativada (CONEN, 2015; AMBIENTAL, 2014). Por outro lado, o Rio Caranguejo, foi classificado como "Razoável", provavelmente devido a menor urbanização de sua bacia, além da maior proximidade com o Canal de Ponta Negra, favorecendo a troca com o mar.

Os pontos de monitoramento do SLS apresentaram os seguintes IQA: "Bom" 10,25%; "Razoável" 53,85%; "Ruim" 28,20% e "Péssimo" 7,7%. Sendo os melhores resultados apresentados nas amostras dos rios Roncador e Tinguí. Ao menos três dos rios apresentaram resultados "Bom" na maioria das análises, sendo que apenas o Rio do Padre foi classificado como "Péssima".

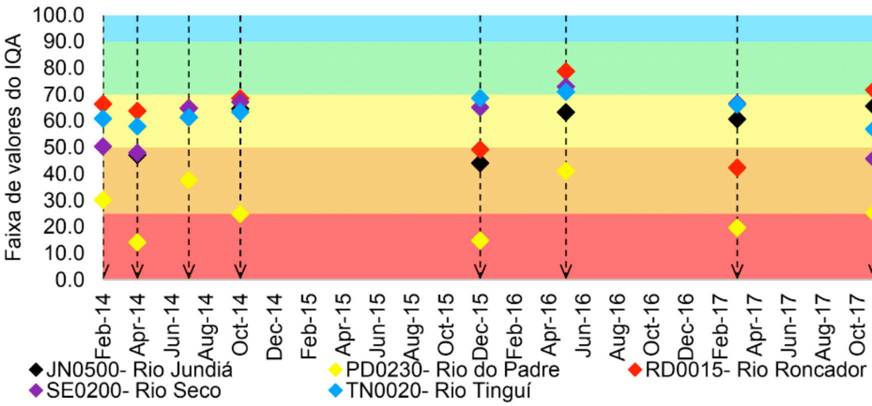


Figura 9 - Monitoramento dos dados de IQA dos rios afluentes ao Sistema Lagunar de Saquarema no período de 2014 a 2017.

Fonte: Adaptação do INEA (2014 a 2017).

No geral, em ambos os sistemas lagunares avaliados, os corpos hídricos que apresentaram as piores classificações (IQA) foram justamente os que atravessam suas áreas mais urbanizadas, portanto mais sujeitos a ações antrópicas de lançamento de efluentes sanitários brutos e descarte de resíduos sólidos. A melhor qualidade verificada nos rios de Saquarema pode ser justificada pelos melhores índices de coleta e tratamento de esgoto.

Alternativas para a redução da degradação ambiental e melhoria da qualidade de água

A partir dos dados supracitados, conclui-se que devido à degradação ambiental das águas superficiais do SLM causada pelo lançamento de esgotos, há a necessidade de uma solução emergencial e abrangente de coleta, tratamento e disposição final adequada dos efluentes do município de Maricá.

A longo prazo, a solução passa necessariamente pela implantação de um sistema convencional de coleta do tipo separador absoluto, atendendo a área central e mais urbanizada do município, e direcionando os efluentes para tratamento e destinação final adequada. No entanto, tal solução implica nos altos investimentos inerentes a construção de uma rede coletora, além dos custos (e dificuldades) de suas ligações com as economias/residências. Desse modo, soluções de mais curto prazo se fazem necessárias, a fim de mitigar emergencialmente o lançamento de efluentes não tratados nos corpos hídricos do município e amenizar seus impactos e efeitos nocivos, como eutrofização e mortandade de peixes.

Uma alternativa emergencial seria a implantação de um sistema de captações de tempo seco, possibilitando a intercepção de esgotos que são despejados *in natura* em galerias de águas pluviais, valões, canais e rios. Para tal, faz-se uso de uma captação/barragem nas galerias/canais de escoamento, sendo os efluentes captados então direcionados para um sistema de tratamento. Em épocas de chuvas, os excedentes de vazão (efluente mais diluído) seriam direcionados para jusante dos corpos hídricos (MADEIRA, 2012; DORNELLES e FADEL, 2015). Um sistema de galeria de cintura no entorno das lagoas também pode ser implantado, evitando despejos indesejáveis de esgotos na mesma. Os complexos lagunares de Araruama e Saquarema, fizeram uso de sistemas semelhantes ao proposto, apresentando resultados positivos (CONEN, 2015; VEROL et al, 2020).

Outra alternativa seria a construção de sistemas de tratamento descentralizados como os “Ecossistemas Engenheirados” em determinadas regiões do município. Tais sistemas demandariam uma menor necessidade de rede coletora devido à proximidade entre as fontes geradoras e o sistema de tratamento, além de fazer uso de tecnologias de tratamento descentralizados convencionais, aliadas aos sistemas alagados construídos (*wetlands* construídos), possibilitando o aumento da eficiência sem que os custos de implementação e manutenção sejam muito afetados (SALOMÃO et al, 2012).

Seja qual for a alternativa a ser adotada, é recomendável que sejam realizadas ações/campanhas de conscientização e educação ambiental para a população residente e flutuante, destacando-se a importância dos serviços de saneamento básico para a melhoria das condições ambientais do SLM e sua revitalização. Deve ser salientado o papel dessa população e de cada morador no que diz respeito às boas práticas domiciliares e ao correto

funcionamento dos sistemas de esgotamento sanitário que venham a ser implantados.

REFERÊNCIAS

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Ranking ABES da universalização do saneamento**. Brasília, 2015, 2017, 2019.

ALEGRE, H., et al. **Performance indicators for water supply services**. IWA publishing, 2016.

AMBIENTAL. 2014 **Relatório de Impacto Ambiental - RIMA Análise da viabilidade ambiental para implantação de um emissário terrestre e submarino para o transporte de efluentes domésticos, a ser localizado no município de Maricá/RJ.** http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mdi5/~edisp/inea0029326.pdf. Acessado em 29/06/2019

AMADOR, E. **Breve parecer técnico sobre o Sistema Lagunar de Maricá**. 2007, 2p.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Atlas Água e Esgotos**. Brasília, 2017.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Indicadores de qualidade das águas**. 2005. Disponível em http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx. 30/06/2019.

ATLAS BRASIL. **Atlas do desenvolvimento humano no Brasil**. 2013 Disponível em http://atlasbrasil.org.br. Acessado em 15/06/2018.

BIDEGAIN, P. e PEREIRA L. F. M. **Plano das bacias hidrográficas da região dos Lagos e do rio São João**. Rio de Janeiro: CILSJ, 2005.

BRASIL. **Plano Nacional de Saneamento Básico.** Ministério das Cidades, 2013.

BRASIL, MINISTERIO DAS CIDADES. **Painel de Informações Sobre Saneamento**. Disponível em http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores/web/. Acesso em 2/11/2020.

CONEM. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Maricá**, de 2015.

CRISTIANO, S.C., et al. Coastal scenic evaluation at Santa Catarina (Brazil): Implications for coastal management. **Ocean and Coastal Management**, v.160, p. 146-157, 2018.

CRUZ, A.C. **Análise de intervenções no sistema lagunar de Maricá-RJ com auxílio de modelagem hidrodinâmica ambiental.** 2010. 74 p. COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

CRUZ, C.B.M., et al. **Impactos ambientais no sistema lagunar de Maricá-Guarapina**. In: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 1996, Salvador. Anais... Salvador: INPE, 1996. p. 137-141.

DORNELLES, F; FADEL, W.A. **Eficiência da Interceptação de Esgoto Sanitário em Rede Pluvial na Bacia do Arroio Capivara – Porto Alegre/RS**. In: Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 20., 2015, Porto Alegre

FAN, L. et al. Urban water consumption and its influencing factors in China: Evidence from 286 cities. **Journal of Cleaner Production**, v. 166, p. 124–133, 2017.

FRANCO, T.P., et al. Better with more or less salt? The association of fish assemblages in coastal lagoons with different salinity ranges. **Hydrobiologia**, v.828, n.1, p. 83-100, 2019.

GIORDANO, G., et al. Environmental Monitoring of Water Quality as a Planning and Management Tool: A Case Study of the Rodrigo de Freitas Lagoon, RJ, Brazil. In: **Lagoon Environments Around the World-A Scientific Perspective**. Intech Open, 2019.

HONORATO, L.M.C., et al. Tratamento descentralizado de esgoto doméstico: Revisão sistemática. **Revista DAE**, 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de geografia e Estatística. **Censo demográfico**. 2010.

INEA - Instituto Estadual do Ambiente. Disponível em http://www.inea.rj.gov.br/. Acessado em 15/04/2018.

LOUREIRO, D.S., et al. **Avaliação do conflito sócio-ambiental na APA da restinga de Maricá**. Porto Alegre/RS. 2010.

MADEIRA, D. G. **Implantação de sistema de esgoto do tipo unitário com posterior adequação ao sistema separador absoluto em Flores da Cunha-RS**. 2012. 84 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização, Dep. de Engenharia Civil da Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012

OHNUMA JR, A.A. et al. **Análise de potencial do aproveitamento de água de chuva para uso doméstico em sistemas individuais localizados no município de Maricá-RJ**. In: XXIII SBRH - Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2019, Foz do Iguaçú. Água Conecta. Porto Alegre: ABRH, 2019. v. 1. p. 1-10.

SALOMÃO, A.L.S. et al. Engineered ecosystem for on-site wastewater treatment in tropical areas. **Water Sci. Technol.** 66, 2131–2137, 2012

SANEAMENTO BÁSICO. Índices de coleta de esgoto para o Estado do Rio de Janeiro – ERJ. Disponível em https://www.saneamentobasico.com.br/. Acesso em 02/11/2020

SNIS - Sistema Nacional de Informações Sobre o Saneamento. **Dados sobre saneamento nacional**. Disponível em http://www.snis.gov.br/. Acesso em 21/06/2018.

TIAN, Y. et al. Using a water quality index to assess the water quality of the upper and middle streams of the Luanhe River, northern China. **Science of the Total Environment**, v. 667, p. 142-151, 2019.

VEROL, A, et al. Proposição do Sistema de Coleta em Tempo Seco em Arraial do Cabo (RJ) para Melhoria da Qualidade Ambiental. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades** v. 8, n. 59, 2020.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Minas Gerais: UFMG, 2005.

VON SPERLING, T.L.; VON SPERLING, M. Proposição de um sistema de indicadores de desempenho para avaliação da qualidade dos serviços de esgotamento sanitário. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 313-322, 2013.

WALL, F.C.M., et al. **Panorama ambiental do Sistema Lagunar de Maricá – RJ a partir da avaliação de indicadores de saneamento e índices de qualidade de água**. In: II Seminário Nacional de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, 2019, Espírito Santo, 2019.

TOLEDO, L.M, et al. Panorama do Sistema Lagunar de Maricá – RJ: Indicadores de Saneamento vs. Qualidade de Água. **Revista Internacional de Ciências**, 2020.

CAPÍTULO 20

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DA LAGOA DO BALNEÁRIO VENEZA EM CAXIAS – MA

Data de aceite: 01/04/2021
Data de submissão: 01/03/2021

Manoel Vyctor Rocha da Silva
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA
Curso de Ciências Biológicas
Caxias – Maranhão
http://lattes.cnpq.br/5405061687322218

Deuzuita dos Santos Freitas Viana
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA
Departamento de Química e Biologia
Caxias – Maranhão
http://lattes.cnpq.br/9427609782986371

RESUMO: Na atualidade, vive-se uma crise hídrica provocada pela ação antrópica. A poluição dos mananciais de água doce é uma problemática eminente no meio social, dessa forma diversos métodos para analisar estes impactos são utilizados para verificar estes distúrbios. O objetivo deste trabalho é realizar a análise físico-química da água da lagoa do Balneário Veneza em Caxias - MA. Durante a pesquisa foram realizadas duas coletas no Balneário Veneza, totalizando seis amostras até o final do trabalho. Os pontos de coletas foram descritos em P1, P2 e P3. Após as coletas, as amostras coletadas foram levadas ao laboratório de físico-química do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) em Caxias - MA. É visível os focos de poluição no Balneário, há uma quantidade elevada de macrófitas, especificamente no P1, ocasionando uma diminuição do oxigênio local. As análises físico-químicas mostraram desconformidades em alguns parâmetros, os resultados extrapolaram o Valor Máximo Permitido dado pelo Ministério da Saúde na Portaria 05/2017. Na primeira coleta (16/12/2019) as análises mostraram que Turbidez, Cor, Sulfato e Dureza estavam em desconformidades. Na segunda coleta (18/02/2020), apenas a Turbidez e cor encontraram-se em alteração, o fato que pode explicar algumas alterações em certos parâmetros físico-químico na água da lagoa do Balneário, como a turbidez é os descartes antrópicos no local e uma elevada quantidade de macrófitas que há no ponto um. Conclui-se a partir das análises físico-químicas, que a lagoa do Balneário Veneza possui consideráveis alterações de parâmetros físico-químicos nos pontos alvos da coleta. Os resultados mostram a poluição hídrica, pois há descartes de materiais de natureza antrópica, que podem trazer riscos **à** saúde da comunidade.

PALAVRAS-CHAVE: Poluição Hídrica; Atividades Antrópicas; Qualidade da água.

PHYSICAL CHEMICAL ANALYSIS OF WATER FROM THE VENICE BALNEARY VENICE IN CAXIAS - MA

ABSTRACT: Currently, there is a water crisis caused by anthropic action. Pollution of freshwater sources is an eminent problem in the social environment, therefore, several methods of analyzing these impacts are used to verify these disturbances. The objective of this work is to carry out physical-chemical analyzes of the water of the Balneário Veneza lagoon in Caxias - MA. During the research, two collections were carried

out at Balneário Veneza, totaling six collections until the end of the work. The collection points were described in P1, P2 and P3. After the collections, the collected samples were sent to the physical-chemical laboratory of the Autonomous Water and Sewage Service (SAAE) in Caxias - MA. The sources of pollution are visible, there are a lot of macrophytes, specifically in P1, causing a decrease in local oxygen. The physical-chemical analyzes showed non-conformities in some parameters, the results extrapolated the Maximum Permitted Value given by the Ministry of Health in Ordinance 05/2017. In the first collection (16/12/2019) the analyzes showed that Turbidity, Color, Sulfate and Hardness were not in compliance. In the second collection (02/18/2020), only the Turbidity and the color were changed, a fact that may explain some changes in certain physical-chemical parameters in the waters of the Balneário lagoon, since the turbidity is the anthropic discharges at the site and a lot of macrophytes at point one. It is concluded from the physical-chemical analysis, that the Balneário Veneza lagoon presents considerable changes in the physical-chemical parameters at the target points of the collection. The results show water pollution, as there are discharges of materials of an anthropic nature, they can bring risks to the health of the community.
KEYWORDS: Water Pollution; Anthropic Activities; Water quality.

1 I INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento industrial e populacional, a destruição dos recursos naturais tem-se elevado e ocasionado um decréscimo na biodiversidade. Dessa forma, observa-se um crescimento surpreendente da poluição juntamente com a degradação do ambiente. Os principais impactos do desenvolvimento de uma área urbana sobre as redes hidrográficas estão ligados à sua forma de ocupação, mais precisamente no que se refere à falta de infraestrutura de saneamento básico, no processo de implantação (MILWARD-DE-AZEVEDO, 2017; SAMPAIO; GOMES, 2020).

Vale ressaltar também, que o uso da água para fins de lazer e higiene pela população é um grande fator da degradação dos recursos hídricos, e a contaminação desses recursos torna o ambiente aquático mais suscetível na proliferação de doenças para quem faz o desfrute da água.

Na atualidade, vive-se uma séria crise hídrica provocada em massa por questões antropogênicas. É de suma importância entender como as atividades antrópicas influenciam a qualidade de ecossistemas aquáticos na perspectiva de restauração de ecossistemas degradados, visando restabelecer sua integridade ecológica (JORGENSEN, 2015).

Para Faria et al., (2017) a integridade dos ecossistemas aquáticos necessita das condições de suas bacias, e as atividades humanas nessas áreas são consideráveis na previsão de impactos de comunidades em ambientes aquáticos.

É indispensável a utilização da água para a sobrevivência humana, sua quantidade na natureza é pequena para atender à demanda populacional. A água no Brasil em termos de quantidade e qualidade é uma preocupação constante devido a sua escassez e da deterioração dos mananciais, a problemática nos mananciais ocorre devido ao despejo

de efluentes e resíduos, fazendo com que ocorra a utilização de produtos químicos para certificar a qualidade da água. (HELLER; PÁDUA, 2016).

Com o surgimento de métodos analíticos mais sensíveis, os contaminantes vêm sendo sistematicamente detectados nos meios aquáticos e são considerados um problema eminente, de forma que há um aumento do consumo pela sociedade dos produtos que são fontes de poluição (ANDRADE, FERREIRA, 2017). As avaliações das caracterizações da água servem verificar os índices da qualidade da água, esses índices podem ser de ordens físicas, químicas e biológicas (FAY & SILVA, 2006).

Dessa forma o presente trabalho teve como objetivo analisar as águas da Bacia Fluvial do Rio Itapecuru na zona urbana de Caxias - MA com enfoque na verificação da qualidade da água da lagoa do Balneário Veneza, em Caxias – MA, partir das análises físico-químicas.

2 | METODOLOGIA

O Balneário Veneza fica localizado no Município de Caxias – MA, é um local de lazer e que chama atenção da população por ser um local de grande espaço e possuir uma lagoa que atrai diversos banhistas genuínos e de outras regiões.

As amostras foram coletadas em três pontos da lagoa do Balneário. O primeiro ponto da coleta classificado como Ponto 1 (P1), é um ponto, no qual, não apresenta registros de banhistas no local. O segundo ponto (P2), fica na área central da lagoa do balneário e possui uma intensa movimentação de banhistas, e o terceiro ponto (P3), fica no final da lagoa do Balneário, no local onde há o escoamento da água da lagoa do Balneário e também registra um fluxo mais ou menos intenso de pessoas (Figura 1).



Fig. 1: Localização dos pontos na lagoa do Balneário.

Fonte: Google Maps, 2020.

As coletas foram realizadas conforme foi pedido pelo Laboratório Físico-químico do SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto), da cidade de Caxias-MA, que foi

o responsável pelas análises das águas, no qual, foi recomendado que as coletas das amostras fossem em frascos de vidro ou plástico esterilizada com um volume mínimo de 1000 ml por amostra. As amostras foram analisadas no Laboratório de Físico-química do SAAE em Caxias – MA, conforme a Portaria 05/2017 do Mistério da Saúde, que trata sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram coletadas seis amostras, uma em cada ponto selecionado do Balneário, sendo três realizada ao dia 16/12/2019 e as outras três em 18/02/2020. Os pontos foram classificados em P1, P2 e P3.

O Balneário possui visíveis focos de poluição. No ponto 1 foram observados descartes de resíduos de natureza diversa e uma grande quantidade de macrófitas no local, o que pode vir a acarretar na diminuição da oxigenação do local (Figura 2).



Fig. 2: Materiais descartados no ponto 1 do Balneário., com macrófitas e materiais descartados

Fonte: O autor, 2020

Para a comprovação das possíveis alterações causadas pelo descarte de resíduos antrópicos, pela alta quantidade macrófitas no P1 e pelo fluxo intenso de banhistas em P2 e P3, realizou-se uma análise físico-química da água no Balneário nos pontos descritos. Observou-se os seguintes parâmetros: Turbidez, Cor, pH, Cloro, Fluoretos, Alcalinidade Total, $CO_{2,}$ Dureza, Cloreto, Alumínio, Ferro, Nitrato, Amônia, Sulfato, Sulfeto, Cobre, Cromo, Condutividade e Nitrito.

Os resultados das coletas realizadas em 16/12/2019 e 18/02/2020, mostram que alguns parâmetros foram encontrados em desconformidades, de acordo com a Portaria

05/2017 do Ministério da Saúde. A tabela 1 e 2 mostra os resultados dos parâmetros que foram observados em alteração, nas coletas de 16/12/2019 e 18/02/2020 respectivamente.

PARÂMETROS	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Valor Máximo Permitido.
TURBIDEZ	7,10	9,20	4,00	1,0 (uT)
COR	80,00	90,00	68,00	15,0 (uH)
DUREZA	580,00	564,00	568,00	500 mg/L
SULFATO	232,00	267,00	233,00	250 mg/L

Tabela 1: Resultados das análises das águas coletadas em três pontos selecionados do Balneário Veneza em Caxias-MA, no dia 16/02/2019.

Fonte: Laboratório de Físico-química do SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto), 2019.

PARÂMETROS	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Valor Máximo Permitido.
TURBIDEZ	8,13	5,50	7,20	**1,0 (uT)**
COR	80,00	50,00	67,00	**15,0 (uH)**

Tabela 2: Resultados das análises das águas coletadas em três pontos selecionados do Balneário Veneza em Caxias-MA, no dia 18/02/2020.

Laboratório de Físico-química do SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto), 2020.

Nas tabelas 1 e 2 destaca-se alguns parâmetros em discrepância com o Valor Máximo Permitido (V.M.P) da Portaria 05/2017 do Mistério da Saúde, que diz sobre os procedimentos de controle da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Na primeira coleta realizada em 16/12/2019 (Tabela 1), ainda no início do período chuvoso, teve-se em desconformidades os parâmetros: Turbidez, Cor, Dureza e Sulfato, já na segunda coleta realizada em 18/02/2020 (Tabela 2), ainda no período chuvoso, apenas Turbidez e Cor se encontraram em desconformidades com o VMP, cabe ressalva ainda, que na segunda coleta, os parâmetros Dureza e Condutividade, por mais que não tivessem em desconformidade, observou-se alterações significativas entre os pontos, tendo seu valor elevado a cada ponto.

A Turbidez da água da lagoa do Balneário Veneza se mostrou alterada, ultrapassando valor máximo de 1,0 uT nas duas coletas realizadas. Parron, Muniz e Pereira (2011), diz que "a turbidez é causada por matérias em suspensão, como argila, compostos orgânicos e inorgânicos, e matériais microscópicos." A alteração da turbidez favorece a profilaxia de cianobactérias que produzem toxinas e reduz a quantidade de oxigênio dissolvido,

chegando a provocar a perda da fauna aquática (FAY E SILVA 2006).

A diminuição da penetração da luz no ambiente aquático também favorece o aumento da turbidez, na segunda coleta, ponto 1, observa-se que ali a turbidez teve sua maior alteração, isso se dá pelo fato da grande quantidade de macrófitas naquele ponto, dificultando a passagem da luminosidade e favorecendo o aumento da turbidez.

Os resultados também mostram uma oscilação nos valores da turbidez em ambas as datas, ora aumentam, ora diminuem, segundo Zilmer (2007), "essas diminuições se dão provavelmente pela diminuição de matéria orgânica no local".

A cor foi outro parâmetro que foi encontrado em desconformidade nas coletas realizadas. Para Santos et al (2015), "a cor é um parâmetro que deve avaliado segundo a legislação, em estudos da qualidade da água para potabilidade".

A alteração da cor na água pode ocorrer por contaminação mineral ou de ordem vegetal, uma vez que, as substâncias dissolvidas refletem o que é denominado de cor verdadeira, e essa em união com coloides produz o que se chama de cor aparente, dessa maneira, a diferenciação entre essas cores é dada pelo tamanho de partículas que são encontradas nas análises (BITTENCOURT & HINDI, 2000).

O Sulfato também mostrou alteração, todavia, somente no ponto 2 na coleta realizada em dezembro de 2019. O Sulfato neste ponto teve seu resultado de 267,00 mg/L quando o aceitável é de 250,00 mg/L.

Segundo o Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da USP, a principal preocupação na presença de sulfato elevada, é que possa ocasionar a diminuição do sulfeto e acabar por inibir o desenvolvimento de metano bactérias e as sulfo-bactérias competirem pela utilização do substrato que é composto por ácidos voláteis.

Os resultados para a Dureza se mostram desconformes com o Valor Máximo Permitido (VMP), somente na coleta datada de 16/12/2019. São as principais fontes Dureza: dissolução de minerais que haja cálcio e magnésio tais como, as rochas calcárias e dispersões industriais (VON SPERLING, 2007).

A Dureza na segunda coleta de 18/02/2020, não se mostrou alterada em relação ao VMP, mas obteve uma variação considerável em seus resultados (Gráfico 1).

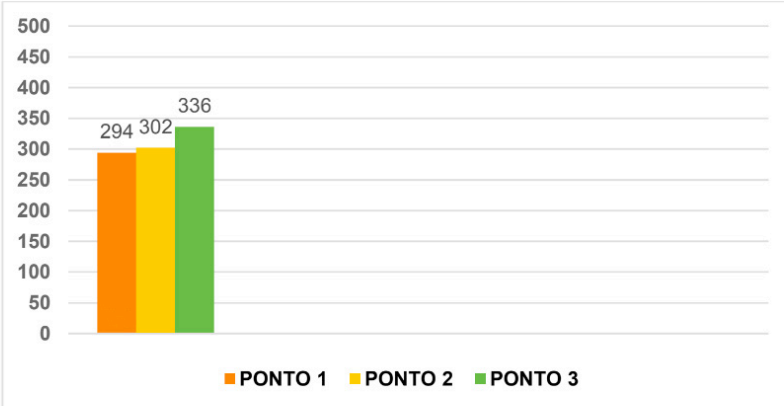


Gráfico 1: Variação do resultado para a Dureza na coleta de 18/02/2020.

Fonte: Laboratório de Físico-química do SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto), 2020.

Cabe destaque também para o parâmetro Condutividade, nas duas coletas não houve alteração para este parâmetro, entretanto, a cada ponto a Condutividade tinha seu valor aumentado consideravelmente (Gráfico 2).

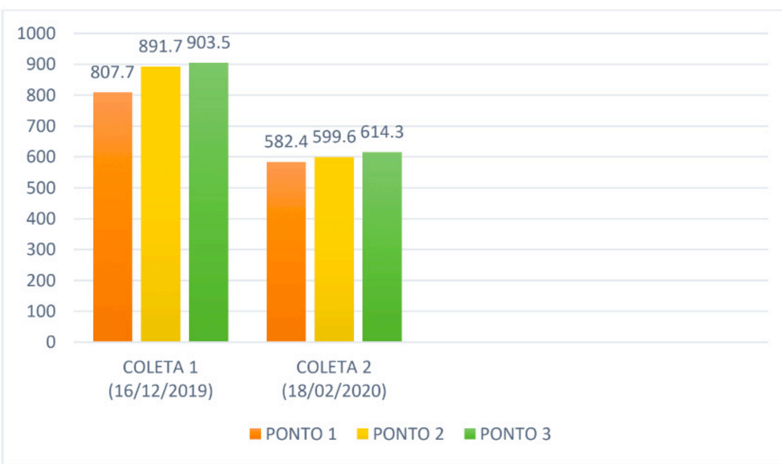


Gráfico 2: Variação do resultado para a Condutividade.

Segundo Feitosa e Manoel Filho (2000) e Esteves (1998), a água tem sua condutividade aumentada com a elevação da temperatura e com maior concentração de íons dissolvidos. A condutividade não é um padrão de potabilidade do Brasil, entretanto quantidades maiores do que 100 µS.cm-1 são em decorrência de atividades antrópicas. A condutividade também fornece uma indicação das modificações na composição do

meio aquático, principalmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. (CETESB, 2016).

4 I CONCLUSÃO

Conclui-se a partir das análises físico-químicas, que a lagoa do Balneário Veneza possui consideráveis alterações de parâmetros físico-químicos nos pontos alvos da coleta. Observou-se também que em alguns pontos da lagoa focos de poluição antrópica e no Ponto 1 uma quantidade de macrófitas significativa, tornando, portanto, causa de algumas desconformidades nos parâmetros verificados, o que se explica a alteração da turbidez nos pontos.

Os resultados mostram a poluição na água da lagoa do Balneário Veneza e essa poluição pode trazer risco à saúde da comunidade.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Márcia C. Kravetz; FERREIRA, Rafael Lopes. **Determinação de contaminantes emergentes no rio barigui em curitiba/paraná**. Revista Saúde e Desenvolvimento, v. 11, n. 8, p. 27-28, 2017.

BITTENCOURT, A V L. & HINDI, E.C**. Tópicos de hidroquímica in: 3er Curso Sudamericano sobre Evalucion yVulnerabilidad de Acuíferos. Asunción Paraguay.ITAIPÚ BINACIONAL**; Organization de Los Estados Americanos. Cap 3, 211p. 2000.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem-Apêndice E.**

Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. USP. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/aguasinteriores/wpcontent/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-2016.pdf. Acessado em: 24/11/2020.

Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. USP.

ESTEVES, F. A. **Fundamento da limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro. Interciência. FINEP, 1998.

FARIA, J. A. P.; LIGEIRO, R.; CALLISTO, M.; JUEN, L**. Response of aquatic insect assemblages to the activities of traditional populations in eastern Amazonia**. Springer International Publishing Switzerland. Hydrobiologia. 2017.

FAY, E. F.; SILVA, C. M. M. S**. Índice de uso sustentável da água (ISA – Água) na região do sub - médio São Francisco.** 1. ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 157. 2006.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. **Hidrologia: conceitos e aplicações**. 2. Ed. Fortaleza. CPRM-REFO, LABHID-UEPE, 2000.

HELLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio de. **Abastecimento de água para consumo humano**. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2016.

JØRGENSEN D. **Ecological restoration as objective, target, and tool in international biodiversity policy**. Ecol Soc 20:art43. 2015.

MILWARD-DE-AZEVEDO, M. A. **A botânica na gestão ambiental. Diversidade e Gestão**, v. 1, n. 1, p. 33-50, 2017.

PARRON, L. M., MUNIZ, H. D. F., & Pereira, C. M. (2011**). Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água.** *Embrapa Florestas-Documentos (INFOTECA-E)*.

SAMPAIO, S. A., & GOMES, R. L. **O SANEAMENTO BÁSICO DE IPIAÚ E SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIO DE CONTAS.** *Caminhos de Geografia*, *21*(74), 68-86. 2020.

SANTOS, A. G. da S. dos; MORAES, L. R. S.; NASCIMENTO, S. A. de M. **Qualidade da água subterrânea e necrochorumeno entorno do cemitério do Campo Santo em Salvador-BA**. Revista Eletrônica GESTA, v. 3, n. 1, p. 39-60, 2015.

VON SPERLING, M**. Estudos de modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: UFMG, Vol. 7, p. 452, 2007.

ZILLMER, T. A.; VARELLA, R. F.; ROSSETE, A. N. **Avaliação de algumas características físico-química da água de Ribeirão Salgadinho, Nova Xavantina – MT**. HOLOS Environment, v. 7. n. 2. 2007

CAPÍTULO 21

MODELAGEM COMPUTACIONAL DO ESCOAMENTO DE ESGOTO EM REDES COLETORAS ASSENTADAS EM DECLIVIDADES DRASTICAMENTE REDUZIDAS USANDO AS EQUAÇÕES DE SAINT-VENANT E DE BOUSSINESQ

Data de aceite: 01/04/2021
Data da submissão: 07/01/2021

Wolney Castilho Alves
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. – IPT
São Paulo – SP
http://lattes.cnpq.br/8315511132811037
https://orcid.org/0000-0001-5772-2328

Luciano Zanella
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. – IPT
São Paulo – SP
http://lattes.cnpq.br/4654570846177448
http://www.orcid.org/0000-0002-4380-7096

RESUMO: Modelagem computacional baseada nas equações de Saint-Venant e Boussinesq foi desenvolvida visando descrever o escoamento de descargas em redes coletoras de esgoto proporcionadas por dispositivo gerador de descarga (DGD) que gera escoamento eficiente no transporte de sólidos. Três métodos numéricos foram associados às equações: método das características, método de Cormack e método *two-four*. A descarga do DGD em tubos coletores de esgoto gera onda de frente íngreme e turbulenta que apresenta oscilação de profundidade da frente de onda. Fatores multiplicativos envolvendo o atrito e a intensidade das acelerações verticais de água foram incorporados à modelagem no processo de validação do modelo. As oscilações da profundidade de pico da onda requereram o emprego das hipóteses de Boussinesq de forma associada à variação do atrito e à intensidade de acelerações verticais. O processo de validação mostrou boa aderência do modelo às medições em laboratório. A modelagem se mostrou útil à aplicação em redes coletoras de esgoto assentadas em áreas planas, pois as descargas dos DGDs propiciam o atendimento dos critérios de autolimpeza com redução drástica da declividade de assentamento. Exemplo de aplicação piloto é apresentado.

PALAVRAS-CHAVE: Coletores de esgoto, modelagem computacional, Saint-Venant, Boussinesq.

COMPUTATIONAL MODELLING OF THE SEWAGE FLOW IN COLLECTOR PIPE NETWORKS SEATED ON DRASTICALLY REDUCED SLOPE USING SAINT-VENANT AND BOUSSINESQ EQUATIONS

ABSTRACT: Computational modeling based on the Saint-Venant and Boussinesq equations was developed aiming to describe the flow of discharges in sewage collection networks provided by the discharge generating device (DGD) that generates efficient flow in the transport of solids. Three numerical methods were associated with the equations: characteristics method, Cormack method and two-four method. The discharge of the DGD into sewage collecting pipes generates a steep and turbulent front wave that presents oscillation of the depth in the wave front. Multiplicative factors involving friction and intensity of vertical water accelerations were incorporated into the modeling process in the model validation process. Wave peak

depth oscillations required the use of Boussinesq hypotheses in an associated manner with friction variation and intensity of vertical accelerations. The validation process showed good adherence of the model to laboratory measurements. The modeling proved useful for the application in sewage collection networks in flat areas, because the discharges of DGDs provide the fulfillment of self-cleaning criteria with drastic reduction of pipe slope. A sample pilot application is displayed.
KEYWORDS: Sewage collectors, computational modelling, Saint-Venant, Boussinesq.

1 I INTRODUÇÃO

O déficit de coleta e afastamento de esgotos é bastante grande no Brasil e em muitos países em desenvolvimento. No Brasil o déficit em afastamento adequado de esgotos sanitários, considerando soluções por sistemas coletores convencionais e por fossas sépticas adequadas, é de 67,3% do contingente populacional (BRASIL, 2013).

O presente trabalho traz resultados de pesquisas aplicadas à implantação de redes coletoras de esgoto em áreas planas dotadas de dispositivos geradores de descarga (DGD). Nessas áreas a implantação de redes coletoras de esgoto é particularmente problemática, pois implica em elevados custos de construção e elevadíssimos custos de operação especialmente devido à necessidade de estações elevatórias de esgoto. Diversos autores têm estudado e proposto adoção de descargas intermitentes de tanques fluxíveis e outros dispositivos em sistemas unitários e separadores absolutos implantados em áreas planas (SHAHSAVARI et al., 2015; SHIRAZI et al, 2010; GOORMANS et al., 2009; SHIRAZI et al, 2009; CAMPISANO et al., 2004; ALVES, 1993; 1995; 1997).

A norma brasileira ABNT NBR 9649:1986 - Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário – Procedimento estabelece valor de tensão trativa média em qualquer ponto do trecho coletor igual ou maior a 1 Pa para que a autolimpeza seja alcançada.

A aplicação dos critérios da norma brasileira em áreas planas leva à adoção de declividade de assentamento de no mínimo 0,004545 m/m (0,4545%, ou 4,545 $^{o}/_{oo}$, ou 4,545 mm/m), condição em que a tensão trativa média de 1 Pa estará sendo atendida.

Redes coletoras de esgoto em áreas planas acarretam sistemas com custos de implantação e operação elevadíssimos a exemplo daqueles implantados na região litorânea da Baixada Santista situada a sul-sudeste da cidade de São Paulo local objeto de aplicação piloto.

Em áreas planas a utilização de tanques fluxíveis que promovam descargas intermitentes nas redes coletoras pode proporcionar a redução de declividades de assentamento e melhorar as condições de desempenho.

2 I OBJETIVO

Este artigo tem por objetivo apresentar e discutir os resultados obtidos na simulação computacional de escoamento em regime não permanente em trecho de tubulação de rede coletora de esgoto assentada em área plana, tendo em vista introduzir alternativa ao

projeto em tais áreas. O escoamento é originado por descarga de dispositivo gerador de descarga, DGD, cujas características permitem a redução da declividade de assentamento das tubulações preservando critérios relativos à autolimpeza. Em aplicação piloto foi empregado programa computacional de simulação especialmente desenvolvido para solução das equações de Saint-Venant e Boussinesq que regem o escoamento. Três métodos numéricos de diferenças finitas estão contemplados no programa computacional.

3 | METODOLOGIA

Os trabalhos de pesquisa foram desenvolvidos com base na seguinte sequência de atividades:

i. Desenvolvimento de dispositivo promotor de descargas intermitentes, DGD, em tubulação da rede coletora de esgoto e medição laboratorial de seus hidrogramas de descarga, segundo volumes de descarga diversos;

ii. Desenvolvimento das equações de Saint-Venant e Boussinesq para escoamentos em tubulações de seção circular e elaboração de programa computacional para solução numérica das equações desenvolvidas;

iii. Medição dos parâmetros hidráulicos profundidade da lâmina (h) e tempo (t) do escoamento da descarga promovida pelo DGD desenvolvido em i. em bancada laboratorial instrumentada e subsequente procedimento de calibração do programa computacional mediante confronto dos valores obtidos em simulação com aqueles medidos em laboratório;

iv. Projeto, construção e operação de trecho de rede coletora de esgoto dotada de DGD em área plana em caráter piloto.

4 | EQUAÇÕES DO ESCOAMENTO EM REGIME NÃO PERMANENTE

O desenvolvimento matemático aplicável ao escoamento baseado nas equações da hidrodinâmica foi levado a efeito no curso de desenvolvimento da pesquisa (ALVES, 1997). O equacionamento levou em conta as características do perfil de descarga e correspondente hidrograma da descarga originada do DGD. O perfil típico de tais descargas em tubulações é ilustrado pela Figura 1.

De maneira geral as descargas geram escoamento com aparência e comportamento de ondas escoando em canais, tubos no caso, sob lâmina livre. Tem características hidráulicas complexas: escoamento em regime não permanente com frente de onda íngreme, compreendendo regiões de escoamento gradualmente variado e rapidamente variado e regimes de escoamento evoluindo de subcrítico a crítico.

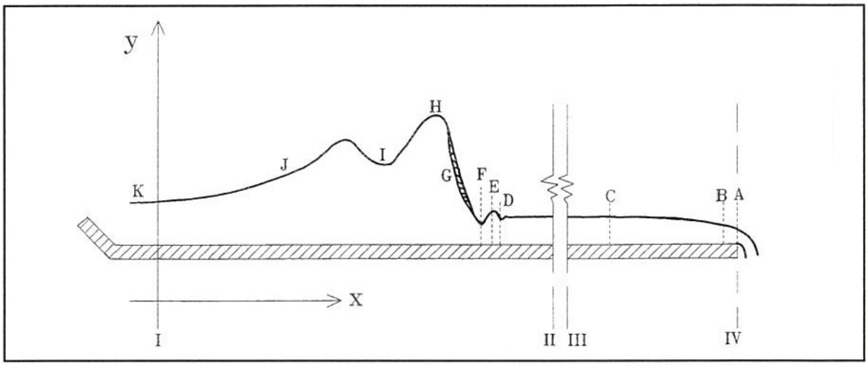


Figura 1 – Perfil típico da onda originada pela descarga do DGD (ALVES, 1997)

As características do escoamento são predominantemente na direção horizontal, embora nas regiões da frente de onda estejam presentes componentes verticais, consideradas nas hipóteses de Boussinesq.

O desenvolvimento matemático levou às equações 1, 2, 3 e 4. Nessas equações os subscritos x e t designam derivadas parciais no espaço, ao longo da extensão longitudinal da tubulação (m), e tempo (s), respectivamente.

Nas equações 1 a 6, apresentadas na sequência do texto, a seguinte nomenclatura se aplica:

h	Profundidade do escoamento em m;
u	Velocidade do escoamento em m/s;
A	Área do escoamento em m^2;
T	Largura da lâmina livre em m;
t	Tempo em s;
R	Número de Reynolds
k	Coeficiente de atrito em m;
S_o	Declividade de assentamento de tubo em m/m;
S_f	Declividade da linha de energia em m/m;
g	Aceleração da gravidade em m/s^{-2}
v	Viscosidade cinemática em m^2/s;
σ	Tensão trativa em Pa;
y	Peso específico do esgoto em N/m^3 e
R_H	Raio hidráulico em m.

No sistema a seguir apresentado, a equação 1 é a de conservação de massa e a

equação 2 é a de conservação da quantidade de movimento.

$$A_t + Q_x = 0 \quad (1)$$

$$(h\,u)_t + h\,u^2 + 1/2\left(h^2 g\right) - 1/3(h^2 E1 - h^2 E2)_x = h\,g(S_o - S_f) + 1/2 h S_o (E2 - E1) \quad (2)$$

O sistema formado pelas equações 1 e 2 é uma das formas das equações de Boussinesq (CARMO, 2011; ALVES, 1997; BOUSSINESQ, 1872). Na presente aplicação essas equações foram adaptadas ao escoamento em tubulações. Considerando seções de escoamento conformadas em tubos de seção circular, Alves introduziu hipóteses adicionais (ALVES, 1997).

Na equação 2 os termos E1 e E2 são, respectivamente, dados pelas expressões 3 e 4:

$$E1 = -(A/T)\,(u_x)^2 - u_{xt} - u u_{xx} \quad (3)$$

$$E2 = (A/T^2)\; T_t\, u_x + u T_x\, u_x \quad (4)$$

No caso de E1 e E2 serem iguais a zero o sistema se reduz às equações de Saint-Venant que não incorporam o movimento vertical de partículas.

No que se refere ao atrito foram adotadas as conclusões de trabalhos que demonstraram que a formulação de Colebrook-White se adapta melhor à aplicação em escoamentos não permanentes em águas rasas (SWAFFIELD et BRIDGE, 1983). Usando os coeficientes e relações estabelecidas por Chézy e Darcy e o número de Reynolds, a equação de Colebrook-White na expressão 5 exprime de forma sintética o efeito do atrito no escoamento (BRIDGE, 1984).

$$Q = \sqrt{32\, g\, R\, So}\; A\, log\, \left(\frac{k}{14{,}83\, R} + \frac{2{,}52\, \vartheta}{R\sqrt{128\, g\, R\, So}}\right) \quad (5)$$

5 I SOLUÇÃO NUMÉRICA DAS EQUAÇÕES

Não são conhecidas soluções analíticas gerais para as equações de Saint-Venant e de Boussinesq. Métodos numéricos de diferenças finitas foram empregados na solução numérico-computacional desenvolvida. Três métodos numéricos de diferentes graus de precisão foram utilizados:

a) método das características usando aproximações em diferenças finitas de primeira ordem (SANCHEZ, 1978; SWAFFIELD et STANDING, 1986; STANDING, 1986);

b) método de MacCormack que combina diferenças finitas de primeira ordem segundo esquema em que o resultado final é de segunda ordem de precisão (FENNEMA et CHAUDHRY, 1986; GUARANGIK et CHAUDHRY, 1991);

c) método 2-4 (GOTTLIEB et TURKEL, 1976) onde o esquema de diferenças finitas leva a grau de precisão de segunda ordem no tempo e de quarta ordem no espaço.

Programa computacional foi elaborado para processar a solução numérica segundo cada um dos métodos numéricos e equações matemáticas. As condições iniciais, condições de contorno, possibilidades de ajustes no cálculo do atrito e da aceleração vertical e outras ferramentas de calibração incorporadas no programa são descritas em detalhe na pesquisa inicialmente referida (ALVES, 1997).

6 I SIMULAÇÃO DO ESCOAMENTO DE DESCARGAS DE DGD$_S$

O escoamento é simulado a partir de descarga líquida do DGD na extremidade de montante de tubulação de diâmetro e comprimento conhecidos. A descarga do DGD se dá sobre escoamento uniforme preexistente com valores de vazão bastante baixos.

A extremidade de jusante da tubulação é tipo soleira livre, ou seja, o tubo verte o líquido sem interferências. O perfil do escoamento nessa região é ditado pelo regime que pode variar de sub a supercrítico.

O processo de cálculo da simulação do escoamento se dá segundo a determinação de parâmetros hidráulicos em seções subsequentes tendo início na seção onde o hidrograma de entrada originado pelo DGD é conhecido.

Serão aqui apresentados os resultados de simulação empregando as equações de Boussinesq e o método numérico 2-4 (*two-four*).

6.1 Hidrograma de entrada

A Figura 2 apresenta o hidrograma de descarga do DGD desenvolvido no curso da pesquisa que embasa o presente artigo.

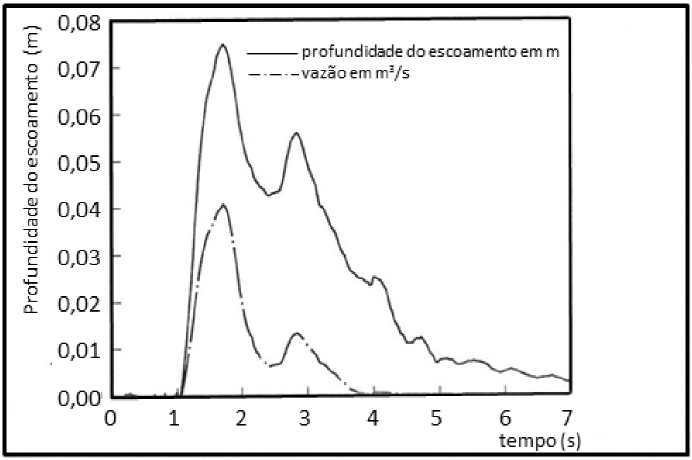


Figura 2 – Hidrograma de entrada na simulação de escoamento em tubulação de 150 mm de diâmetro. Descarga de DGD de 39,5 L (ALVES, 1997).

6.2 Alternativas de processamento utilizadas

No curso da pesquisa referida em (ALVES, 1997) todas as combinações de equação & método numérico apresentadas no capítulo 5 foram desenvolvidas e testadas. No presente artigo são apresentados os resultados relativos ao emprego das equações de Boussinesq com o método numérico de maior precisão, o 2-4 (*two-four*).

O caso aqui apresentado se refere ao hidrograma de entrada dado pela Figura 2 que dá lugar a escoamento onde a presença de acelerações verticais de partículas líquidas pode ser observada em laboratório na região de frente de onda.

6.3 Validação do modelo de simulação

O efeito do atrito entre o líquido e a superfície da tubulação sobre a qual escoa é representado pelo termo Sf. Não existem formulações que permitam descrever o referido efeito no caso de regimes não permanentes. Diversos autores admitem que nas frentes de onda o efeito desse atrito pode ser desprezado e que nas regiões de variação gradual da superfície líquida o atrito pode ser levado em conta utilizando-se as fórmulas válidas para escoamento em regime permanente uniforme. Na presente pesquisa um esquema especial para avaliação do atrito foi elaborado. Dada a velocidade de escoamento e o perímetro molhado, avalia-se o valor da declividade da linha de energia (Sf) com base nas fórmulas do regime permanente uniforme. Sobre o valor calculado considera-se um multiplicador variável no tempo e no espaço de sorte a contemplar as prováveis variações do efeito do atrito segundo a posição da onda e seção de escoamento em sua evolução no tempo.

O método de MacCormack e o método 2-4 são do tipo explícito e, como tal, tendem a apresentar fortes oscilações nas regiões de frente de onda. O controle dessas oscilações foi possível através da utilização de filtros numéricos que alguns autores denominam viscosidade artificial ou interface dissipativa. O programa desenvolvido incorpora a formulação desenvolvida por Jameson, já utilizada para amortecimento das oscilações (FENNEMA et CHAUDHRY, 1986). Também é usada a versão de Richtmyer da interface desenvolvida no esquema de Lax-Wendroff (ABBOTT, 1979; ABBOTT et BASCO, 1989).

O hidrograma de entrada, apresentado na Figura 2 exibe maior dificuldade de simulação do correspondente escoamento, uma vez que os altos valores de vazão e a turbulência observada na frente de onda conferem ao escoamento características de evolução muito rápida das variáveis (no espaço e no tempo) tornando o processo de calibração do modelo bastante complexo e trabalhoso.

A turbulência na frente de onda é bastante pronunciada nos dois primeiros metros de tubulação, pelo menos, e a turbulência no pé da onda no choque com o escoamento preexistente é constante ao longo do escoamento observado na bancada laboratorial.

A oscilação da profundidade do pico de onda é fenômeno notável. As medições laboratoriais mostraram trajetória marcada pela oscilação que tende a se atenuar somente

a distância de 11 m aproximadamente da seção inicial de descarga.

Cogitou-se o efeito combinado de dois fatores para explicar o fenômeno oscilatório: o atrito e a aceleração vertical de partículas. O comportamento do atrito é objeto de pesquisas e discussões na literatura no que se refere aos regimes não permanentes. De outra parte, parece clara a presença de componentes verticais no escoamento. Adotou-se a hipótese de Boussinesq segundo a qual a quantidade de movimento nessa direção pode ser incorporada à quantidade de movimento na direção horizontal.

Cumpre destacar que descargas com ondas de menor turbulência e que não exibam o fenômeno da oscilação do pico de onda principal, sofrem abatimento gradativo e continuado à medida que a onda avança pela tubulação.

A diversidade de comportamento do escoamento e, principalmente, a presença da turbulência e da oscilação do pico de onda levaram a um procedimento de validação bastante complexo e exaustivo. Esquemas multiplicativos sobre o atrito e a aceleração vertical foram incorporados ao programa computacional de simulação e permitem ajuste gradativo.

6.4 Resultados obtidos com o modelo de simulação

O fenômeno da oscilação do pico de onda dirigiu, em parte, o esquema de calibração para validação do modelo. A Figura 3 mostra a trajetória da profundidade do pico principal da frente de onda do escoamento originado pela descarga apresentada na Figura 2, segundo medições laboratoriais confrontadas com resultado de simulação.

Um conjunto de multiplicadores relativos ao atrito e à aceleração vertical, além de procedimentos de controle de estabilidade da frente de onda foram aplicados à simulação computacional observando resultados de outras pesquisas (GOTTLIEB et TURKEL, 1976; ABBOTT, 1979; ABBOTT et BASCO, 1989).

A Figura 4 apresenta os resultados obtidos em laboratório e na simulação do escoamento aqui sob análise. Os perfis obtidos na simulação após o processo de ajuste da calibração mostraram retardamento no tempo em que a frente de onda atinge as seções monitoradas em laboratório. Ou seja, embora a calibração tenha obtido ajuste razoável do perfil da onda, ocorreu forte redução na velocidade da frente. A Figura 4 mostra os perfis simulados e medidos em laboratório. Na figura foram alinhados na mesma posição no eixo das abcissas, t = 1 s, para permitir melhor comparação. Observa-se, especialmente nas primeiras três seções, a existência de um pico de frente de onda com profundidade que oscila ao longo do escoamento, bem como de um segundo pico de onda que tende a desaparecer à medida que avança o escoamento.

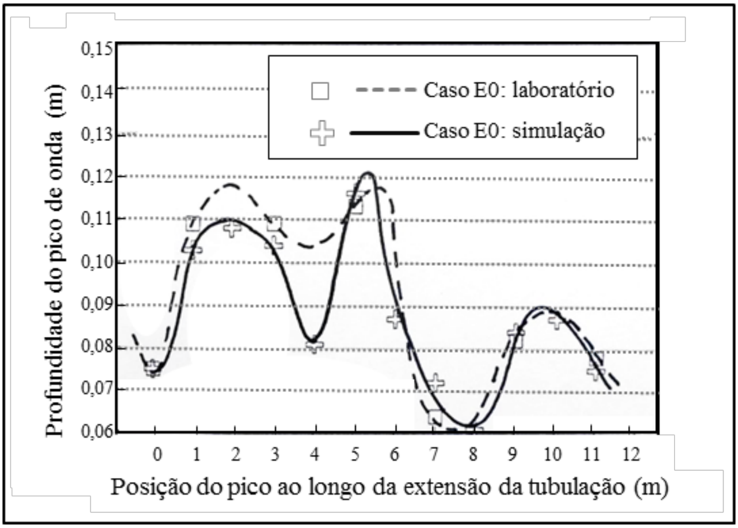


Figura 3 – Oscilação da profundidade do pico de onda ao longo do escoamento em tubulação de 13 m e 150 mm de diâmetro, segundo medição laboratorial e segundo resultados de simulação computacional. Descarga de DGD de 39,5 L (ALVES, 1997).

Essa simulação apresentou muitos problemas de instabilidades, especialmente até aproximadamente 7 m da seção inicial. Foi necessário aplicar o esquema de multiplicadores atuando sobre o atrito e a aceleração vertical. A partir da seção correspondente à distância 7 m da origem o escoamento tende a apresentar comportamento que, exceto na frente de onda, pode ser descrito pelas equações de Saint-Venant.

O processo de calibração se orientou pelo ajuste da simulação ao fenômeno de oscilação da profundidade da frente de onda. Possibilidades de majoração ou minoração da aceleração vertical e do atrito foram introduzidas no programa computacional de forma a atuar em cada momento e seção de proces-

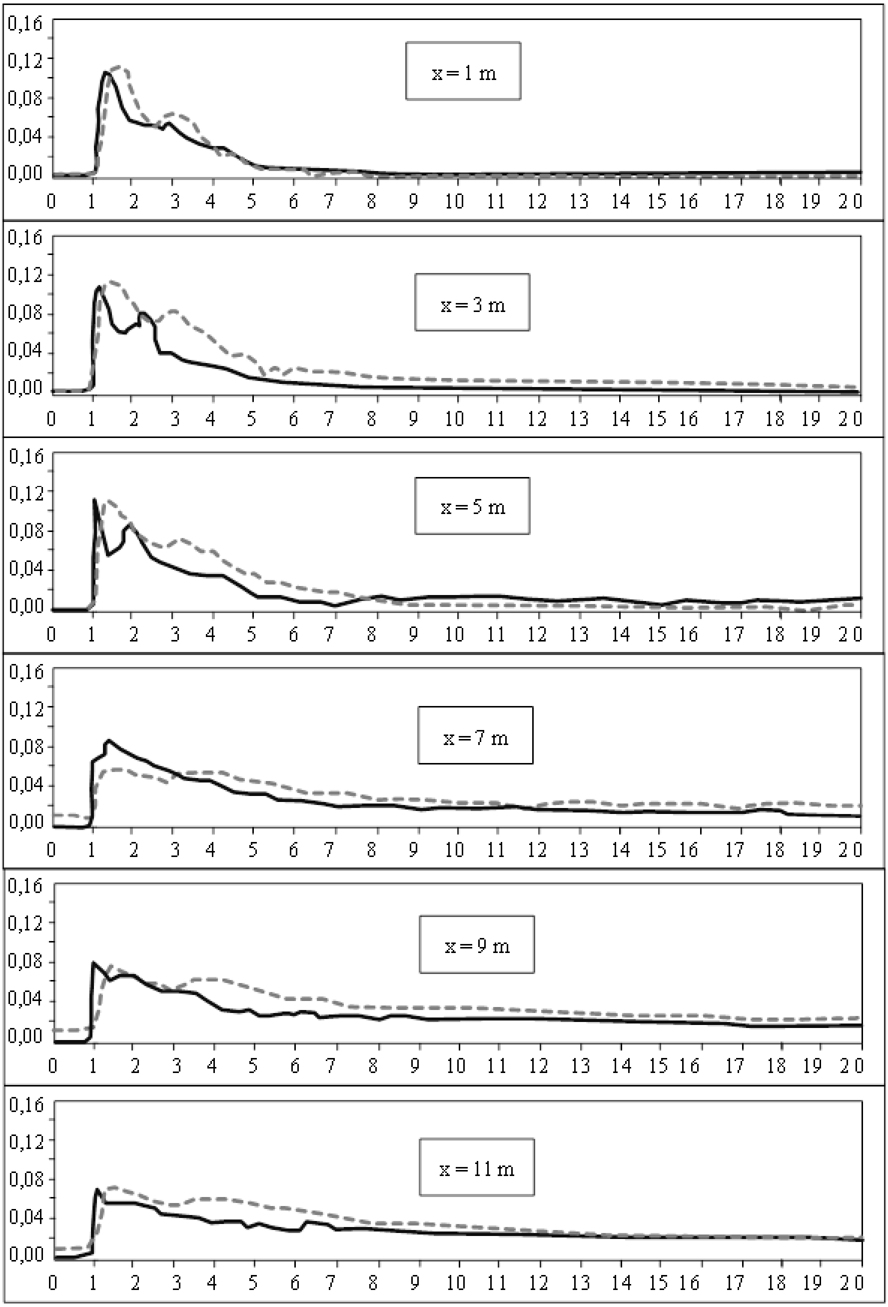


Figura 4 – Simulação do escoamento de descarga de DGD de 39,5 L em tubulação de 13 m de comprimento e 150 mm de diâmetro a 0,05% de declividade. Perfil de profundidade da onda (m, em y) pelo tempo (s, em x). As linhas tracejadas resultam de medição laboratorial e a linha cheia de simulação (ALVES, 1997).

samento na região da frente de onda. Após 7 metros observa-se a incorporação do pico secundário ao escoamento e desaparece o fenômeno de oscilação de profundidade do pico principal. Dessa região em diante não se faz mais necessário atuar sobre a aceleração vertical e o atrito. Vale dizer, prevalece a incorporação da quantidade de movimento vertical no escoamento horizontal tal como estabeleceu Boussinesq e é mantido o atrito que decorre da aplicação da equação 5.

Estudos comparativos entre o efeito do fator multiplicativo do atrito (K) e da aceleração vertical (Z) mostraram a necessidade do uso conjunto de ambos no caso do escoamento aqui apresentado. O emprego de somente um deles conduz a discrepâncias. Por exemplo, ficou demonstrado nesses estudos comparativos que a majoração da aceleração vertical na frente de onda produz retardamento no avanço da frente. Contudo o rebaixamento do valor do fator multiplicativo Z, ou seja, minoração da aceleração vertical e a minoração do valor do atrito (K<1) embora permita melhor ajuste da velocidade de avanço da frente de onda, não leva à coincidência dos perfis de profundidade da lâmina na frente de onda. Conclui-se que em frentes com grande turbulência, como no caso aqui apresentado, o ajuste requer a combinação dos dois fatores multiplicativos.

A cauda da onda é bem simulada com a equação de Saint-Venant. A frente de onda também poderá ser simulada pela equação de Saint-Venant em posições mais a jusante nas quais ocorre o abatimento da onda e sua frente torna-se menos íngreme. Os resultados de simulação empregando o método numérico 2-4 mostraram maior proximidade aos dados de laboratório quando comparados aos outros métodos numéricos.

7 | APLICAÇÃO AO DIMENSIONAMENTO DE REDES COLETORAS DE ESGOTO

Os resultados obtidos no processo de validação do modelo permitiram estender sua aplicação a situações de interesse no que tange ao dimensionamento hidráulico de redes coletoras de esgoto, principalmente nos seus trechos de cabeceira.

Aplicação piloto foi realizada na região da Baixada Santista. Trecho retilíneo de 316 m foi construído na cabeceira de rede coletora de esgoto convencional. Nesse trecho os 108 m iniciais têm diâmetro de 100 mm e os 208 m subsequentes têm diâmetro 150 mm. Os tubos são de PVC e a declividade de assentamento é de 0,05% (0,0005 m/m), aproximadamente 1/10 da mínima preconizada pela norma brasileira ABNT NBR 9649:1986 - Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário – Procedimento. Essa norma estabelece valor de tensão trativa média em qualquer ponto do trecho coletor igual ou maior a 1 Pa para que a autolimpeza seja alcançada.

Procedimento iterativo de projeto foi desenvolvido visando estabelecer o número de DGDs necessários, seus volumes, posição de instalação no trecho e previsão dos parâmetros hidráulicos de escoamento.

Na cabeceira do trecho referido foi instalado um DGD que gera descargas de 80 L. Esse dispositivo foi previamente projetado por meio de programa computacional específico. Foi testado em laboratório e sua descarga foi medida obtendo-se o hidrograma de entrada do programa de simulação computacional.

A simulação do escoamento da descarga desse DGD foi desenvolvida sob o pressuposto de descarga isolada na cabeceira da tubulação. Admite-se, portanto, que o escoamento se dá sem a contribuição de descargas prediais, embora um pequeno escoamento uniforme preexistente de baixíssima vazão seja considerado. O produto da simulação foram os parâmetros hidráulicos, profundidade da lâmina e velocidade média ao longo do tempo e da extensão da tubulação. Usando o valor da profundidade da lâmina o programa computa o valor da tensão trativa média, σ.

A tensão trativa foi calculada pela expressão:

$$\sigma = \gamma \, . R_H \, . S_o \qquad (6)$$

A Figura 5 apresenta gráfico que mostra a variação dos valores da tensão trativa calculados a partir dos parâmetros hidráulicos obtidos na simulação. Observa-se que o critério de autolimpeza, mínimo de 1 Pa, é observado em seção distante 150 m da origem.

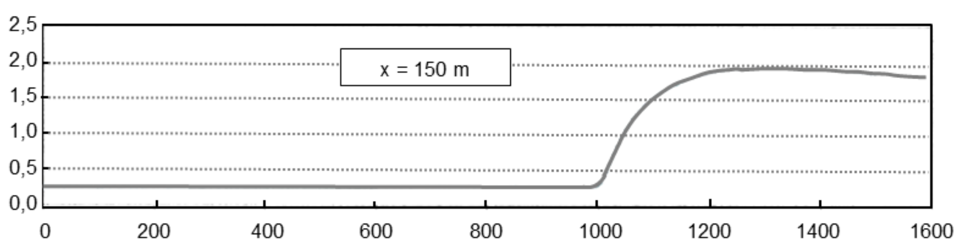


Figura 5 – Valores de tensão trativa simulados em seção distante 150 m da descarga de DGD em tubulação coletora de esgoto assentada com 0,05% de declividade. No eixo y, tensão trativa em Pa e no eixo x, tempo, em s (ALVES, 1998).

8 | CONCLUSÕES

a. a modelagem computacional baseada nas equações de Saint-Venant e de Boussinesq mostra-se adequada à descrição de escoamentos em regime não permanente em redes coletoras de esgoto;

b. o escoamento gerado pelos DGDs é do tipo onda de frente íngreme com grande capacidade de arraste de sedimentos depositados nas tubulações de esgoto. Ondas com grande potencial de arraste podem ser obtidas com adequado projeto dos DGDs. Escoamento extremamente turbulento pode ser observado nas

seções próximas ao ponto de descarga dos DGDs. Nesses trechos a descrição hidráulica se constitui em desafio, não obstante o razoável grau de sucesso obtido com o emprego na pesquisa que dá base ao presente artigo;

c. pesquisas e desenvolvimentos envolvendo o avanço no entendimento e as possibilidades de ajuste do atrito e da componente vertical da quantidade de movimento em escoamento originados por descargas nas redes devem ter continuidade, muito embora o conhecimento já estabelecido seja suficiente para aplicações em grande extensão;

d. o modelo numérico *two-four* mostrou resposta mais precisa no que se refere às velocidades de escoamento da onda que percorre a tubulação, embora seja sujeito a instabilidades no processamento especialmente no caso de frentes de onda com turbulência;

e. o emprego de dispositivos fluxíveis em sistemas coletores de esgoto dos tipos unitário e separador absoluto apresenta potencial de aplicação visando otimização de desempenho e redução de custos de implantação e operação de tais sistemas. Em particular, nas áreas planas a adoção de descargas por DGDs é alternativa tecnológica a ser consolidada;

f. a modelagem computacional desenvolvida no âmbito dos trabalhos de pesquisa que informam este artigo mostrou adequação para elaboração de projeto de rede coletora de esgoto dotada de DGDs e assentada com declividade drasticamente reduzida (0,05%) em aplicação piloto realizada na região litorânea da Baixada Santista. A simulação proporcionada pela modelagem permitiu que o dimensionamento obedecesse ao critério de autolimpeza presente na norma brasileira para tais sistemas, qual seja tensão trativa mínima de 1 Pa;

g. em termos abrangentes pode-se concluir que se configuram campos de oportunidades: há disponibilidade de conhecimentos suficientes ao desenvolvimento do projeto, construção e operação de sistemas de coletores de esgoto levando em conta regimes não permanentes de escoamento mais próximos à realidade de funcionamento; há, de outra parte, uma frente de exploração e desenvolvimento do conhecimento no campo da hidrodinâmica aplicada a sistemas coletores de esgoto.

REFERÊNCIAS

Abbott, M. "**Computational Hydraulics: Elements of Theory of Free Surface Flow.**", Pitman Publishing Limited, London, 1979

Abbott, M. et Basco, D. "**Computational Fluid Dynamics: An Introduction for Engineers.**", Longman Scientific & Tech., Essex, 1989.

Alves, W. “**Diminuição da declividade de assentamento de tubulações coletoras de esgoto através da utilização de dispositivo gerador de descarga (DGD)**” Relatório Técnico No 36.588 do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 1998.

Alves**,** W. **“Modelagem de descargas intermitentes em redes coletoras de esgoto através das equações de Saint-Venant e de Boussinesq.**”,19o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Foz do Iguaçu, 1997. Anais digitalizados, ABES, Rio de Janeiro, 1997.

Alves, W. **“Modelagem hidrodinâmica do escoamento em redes coletoras de esgoto.**”,18o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Salvador, 1995. Anais digitalizados, ABES, Rio de Janeiro, 1995.

Alves, W. “**Modelling of Wave Generation in Sewer Systems by Intermittent Discharge Devices Using the Saint-Venant and Boussinesq Equations.**”, tese de doutorado apresentada à Heriot-Watt Universit, Edimburgo, janeiro de 1997.

Alves, W. **“Desenvolvimento de dispositivo gerador de descargas intermitentes aplicado a redes coletoras de esgoto.”,** 17o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Natal, 19 a 23/9/93, Anais (Vol.2, Tomo I, pp. 791-808), ABES, Rio de Janeiro, 1993.

Boussinesq, J. **“Théorie des ondes et des remous qui se propagent le long d’un canal rectangulaire horizontal.**” J. Math. Pure et Appl. 2, 17, 1872, 55-108.

BRASIL, 2013. BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL**. Plano Nacional de Saneamento Básico-PLANSAB**. Brasília, dezembro 2013.

Bridge, S. “**A Study of Unsteady Flow Wave Attenuation in Partially Filled Pipe Networks**”, tese de doutorado não publicada apresentada ao Department of Mechanical Engineering, London, 1984.

Campisano, A., Creaco, E. e Modica, C. **“Experimental and Numerical Analysis of the Scouring Effects of Flushing Waves on Sediment Deposits”**, Journal of Hydrology 299(3-4), pp. 324-334, December 2004.

Carmo, J. **“Equações de Boussinesq com Características Dispersivas Melhoradas. Aplicações**”, Recursos Hídricos, Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, Volume 32, Nº 2, novembro 2011, pp. 7-16.

Fennema, et Chaudhry, M. “**Explicit Numerical Schemes for Unsteady Free-Surface Flows with Shocks**.”, Water Resources Research, vol. 22, no. 13, 1986, pp. 1923-1930.

Goormans, T., Engelen, D., Bouteligier, R., Willems, P. e Berlamont, J. **“Design of self-cleansing sanitary sewer systems with the use of flushing devices”**, Water Science & Technology—WST, 60.4, pp. 901-908, 2009.

Gottlieb, D. et Turkel, E. “**E. Dissipative Two-Four Methods for Time-Dependent Problems. Mathematics of Computation.**”, vol. 30, no. 136, 1976, pp. 703-723.

Guarangik, A. et Chaudhry, M. “**Numerical Simulation of Hydraulic Jump.**” Journal of Hydraulic Engineering, vol. 117, no. 9, ASCE, 1991.

Sanchez, M. “**Aplicações do Método das Características.”** tese de mestrado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1978.

Shahsavari, G., Arnaud-Fassetta, G., Bertilotti, R. et Campisano, A. e Riou, F. **“Bed evolution under one-episode flushing in a truck sewer in Paris, France”**, International Journal of Civil, Environmental, Structural, Construction and Architectural Engineering, World Academy of Science, Engineering, and Technology, 2015, 9 (7), pp.868-878. <https://waset.org/publications/10002260/bed-evolution-under-one-episode-flushing-in-a-trucksewer-in-paris-france>. <hal-01630012>

Shirazi, R., Willems, P. et Berlamont, J. **“Application of Flushing Tanks in Simple Sewer Networks for In-Sewer”**, Journal of Water Management Modeling, January 2010; pp. 85 – 106.

Shirazi, R., Bouteligier, R., Willems, P. et Berlamont, J. **“Implementation of Flushing Tanks in Combined Sewer Networks to Comply with Optimal Self-Cleansing Properties”,** Journal of Water Management Modelling, January 2009.

Standing, K. “**Surge Generation as an Aid to Water Conserving Building Drainage Design.**”, tese de doutorado não publicada apresentada ao Department of Mechanical Engineering, London, 1986

Swaffield, J. e Standing, K. “**Improvements in the application of the numerical method of characteristics to predic attenuation in unsteady partially filled pipe flow.**”, Journal of Research of the National Bureau of Standards, vol. 91, no. 3, 1986.

Swaffield, J. et Bridge, S. “**Applicability of the Colebrook-White Formula to Represent Frictional Losses in Partially Filled Unsteady Pipeflow**”, Journal of Research of the National Bureu of Standards, vol. 88, no. 6, novembro-dezembro 1983.

CAPÍTULO 22

SIMULAÇÃO HIDRÁULICA DE UMA REDE COLETORA DE ESGOTO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE CAMPINA DO MONTE ALEGRE, SÃO PAULO

Data de aceite: 01/04/2021
Data de submissão: 11/02/2021

Fernanda Marques dos Santos
Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências da Natureza – Engenharia Ambiental
Buri – São Paulo
http://lattes.cnpq.br/8082435564847011

Camila Gallassi
Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências da Natureza – Engenharia Ambiental
Buri – São Paulo
http://lattes.cnpq.br/7285471916161013

Juliana Noronha Primitz
Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências da Natureza – Engenharia Ambiental
Buri – São Paulo
http://lattes.cnpq.br/5250141222534466

Vinicius Rainer Boniolo
Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências da Natureza – Engenharia Ambiental
Buri – São Paulo
http://lattes.cnpq.br/8757447264574231

Jorge Luis Rodrigues Pantoja Filho
Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências da Natureza – Engenharia Ambiental
Buri – São Paulo
http://lattes.cnpq.br/7139425471960071

RESUMO: O Brasil possui indicadores críticos relacionados à cobertura dos sistemas de esgotamento sanitário, o que reflete diretamente na saúde das comunidades. Devido ao crescimento desordenado das cidades é necessário que cada vez mais estudos sobre sistemas de esgotamento sejam realizados, a fim de proporcionar uma melhor qualidade de vida para a população. Nesse sentido, o dimensionamento da rede coletora deve seguir critérios racionais e otimizados visando à mitigação de impactos econômicos e socioambientais. O presente estudo de caso visa analisar, por meio de simulação computacional, a qualidade e a eficiência do serviço de coleta e afastamento de esgoto prestado pela concessionária de saneamento, em um bairro denominado 'Núcleo Capaúva', no município de Campina do Monte Alegre, sudoeste paulista. Para tanto, foi empregado o programa da *Environmental Protection Agency* (EPA), intitulado SWMM – *Storm Water Management Model*, versão 5.00.22, cujo código fonte é aberto, mundialmente utilizado na previsão do funcionamento de sistemas de drenagem urbana, podendo também ser adaptado para simulações de redes de esgotamento sanitário. Dentre os parâmetros preconizados na NBR 9649/86 avaliou-se a velocidade de escoamento e a lâmina d'água nas tubulações, sendo que apenas os limites de velocidade máxima enquadraram-se nos critérios estabelecidos. Sendo assim, os resultados iniciais apontam para a necessidade de adequação da rede coletora de esgoto do bairro do Capaúva. Aconselha-se, portanto, a utilização de ferramentas computacionais de simulação combinadas ao dimensionamento não apenas na previsão do comportamento

hidráulico a priori, mas também durante a operação da rede a posteriori.
PALAVRAS-CHAVE: Simulação computacional; SWMM; Redes Coletoras de Esgoto.

HYDRAULIC SIMULATION OF A WASTEWATER NETWORK IN THE MUNICIPALITY OF CAMPINA DO MONTE ALEGRE, SÃO PAULO

ABSTRACT: Brazil has critical indicators related to the coverage of sewage systems, which directly affects the health of communities in multiple ways. Due to the disorderly growth of cities, it is necessary that more studies are performed on the subject in order to provide a better quality of life for the population. In this sense, the design of the collection systems should follow rational design criteria aimed at mitigating economic and socio-environmental impacts. This case study aims to analyze, through computer simulation, the quality and efficiency of the wastewater collection system in a neighborhood called "Núcleo Capaúva", in the municipality of Campina do Monte Alegre, southwest of São Paulo, Brazil. For this purpose it was used the software SWMM - Storm Water Management Model, 5.00.22 from the Environmental Protection Agency (EPA). Among other parameters, the flow velocity and the water depth were evaluated in the pipes according to the Brazilian standards (NBR 9649/198686). The preliminary results point to the need to adapt the sewage collection network in the Capaúva neighborhood. Therefore, it is advisable to use computational tools combined with the design not only to predict the hydraulic behavior a priori, but also during the operation of the network a posteriori.
KEYWORDS: Computer simulation; SWMM; Sewage collection network.

INTRODUÇÃO

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012), 35 milhões de brasileiros ainda não possuem acesso a água tratada, e quase 100 milhões (48% da população) ainda estão sem coleta de esgoto em suas residências. Na região Sudeste, a mais desenvolvida do país, 79,21% das pessoas possuem acesso a captação de esgoto, e apenas 50,09% deste é tratado (SNIS, 2018). O estado de São Paulo apresenta a maior taxa de coleta e tratamento de esgoto da região, 85% e 62,84%, respectivamente, no entanto, muitas comunidades ainda necessitam ser atendidas satisfatoriamente. O interior do estado e as áreas rurais são as que mais carecem de melhorias no sistema de esgotamento sanitário, como é o caso do Sudoeste Paulista (16ª Região Administrativa do estado de São Paulo), uma das regiões mais carentes de São Paulo.

Nesta região está a cidade de Campina do Monte Alegre, município que possui sistema de esgotamento sanitário gerido pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP). Tal sistema apresenta 89% de coleta e tratamento, 6,5% sem coleta e sem tratamento, e 4,5% de fossas sépticas (ANA, 2015). É de notória importância que o poder público proponha ferramentas de ações para melhorar a gestão do saneamento básico, que seja eficiente e opere dentro dos padrões estabelecidos pela

Norma Brasileira 9649:1986, “Projeto de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário”, que fixa as condições exigíveis na elaboração de projeto hidráulico-sanitário de redes coletoras de esgoto sanitário (ABNT, 1986).

No sentido de auxiliar tanto na elaboração de projetos quanto na operação das redes, existem diversos programas computacionais à disposição, dentre eles pode-se citar o *Storm Water Management Model* (SWMM), com o qual é possível simular o comportamento hidráulico de uma rede de esgoto de uma determinada área a partir de informações fornecidas pela empresa encarregada do serviço na região (VINAGRE, *et al* 2018).

Dentro deste contexto, utilizando o *software* SWMM, o presente estudo de caso objetiva analisar o funcionamento hidráulico da rede coleta de esgoto em um bairro denominado ‘Núcleo Capaúva’, no município de Campina do Monte Alegre.

METODOLOGIA

Adotou-se, sequencialmente, cinco etapas, a saber: **1)** revisão da literatura; **2)** análise das condições exigíveis da NBR 9649/86; **3)** delineamento da rede coletora de esgoto, utilizando como materiais a rede de esgotamento sanitário projetada pela SABESP, disponibilizada em plantas pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente do município, o *software* SWMM 5.00.22 Brasil (Modelo de Gestão de Drenagem Urbana) e o software Google Earth Pro 7.3.3.7699 para a geração da imagem de fundo. O resultado da terceira etapa pode ser observado na Figura 1; **4)** validação dos critérios de dimensionamento e simulação no software, de acordo com as normas e com a previsão populacional realizada com dados fornecidos pelo departamento de Engenharia da Prefeitura Municipal e pelo Projeto de Loteamento Urbano; **5)** análise dos resultados obtidos.

Os parâmetros hidráulicos que serviram como *input* para a simulação foram extraídos da NBR 9649/86, e são citados a seguir: Vazão mínima considerada para dimensionamento hidráulico: 1,5 $L.s^{-1}$; Coeficiente de retorno: 0,8; Coeficiente de máxima vazão diária K_1: 1,2; Coeficiente de máxima vazão horária K_2: 1,5; Cota per capita: 138 L $hab^{-1}d^{-1}$; Diâmetro mínimo: 150 mm; Tensão trativa mínima: 1 Pa; Velocidade máxima: 5 ms^{-1}; Lâmina Líquida: ≤ 0,75; • Taxa de infiltração: 0,05 a 1,0 $L.s^{-}1.km^{-1}$.

A título de resultados parciais, foram analisadas duas condições que se relacionam e são exigíveis na elaboração de um projeto hidráulico-sanitário de redes coletoras de esgoto sanitário: velocidade máxima e lâmina líquida.

A simulação foi realizada para as condições de início e final de plano, tendo, para cada condição supracitada, populações estimadas em 480 e 1600 habitantes, respectivamente. Os valores obtidos para os cenários supracitados (início e final de plano) foram comparados com a NBR 9649/86, sendo feita uma análise correlacionando ambas as condições.



Figura 1 – Interface do SWMM com a rede coletora do Núcleo Capaúva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Velocidade e Altura da Lâmina Líquida

Um dos parâmetros mais importantes, e por isso deve ser limitada a valores máximos e mínimos. Na Figura 2, a seguir, é possível observar a comparação das velocidades.

As velocidades dos trechos nos dois cenários estão de acordo com a norma quanto ao seu valor máximo (5 $m.s^{-1}$), evitando, assim, em tese, a ocorrência do regime supercrítico (Froude> 1), o qual traz uma série de riscos, pois nesse regime podem ocorrer sobre-elevações e ondas oscilatórias que se propagam ao longo do conduto. Ademais, garante a integridade das superfícies internas das canalizações, principalmente pelo efeito do atrito causado pelos sólidos presentes no esgoto. No entanto, em alguns momentos, foram verificados valores de velocidade extremamente baixos, próximos a zero, assim, não garantindo a prevenção e controle da geração de sulfatos e, provavelmente, não minimizando a deposição de partículas sólidas no interior da canalização. Ressalta-se que a velocidade mínima é definida, em projeto, como função da tensão trativa mínima admissível (~1,0 Pa).

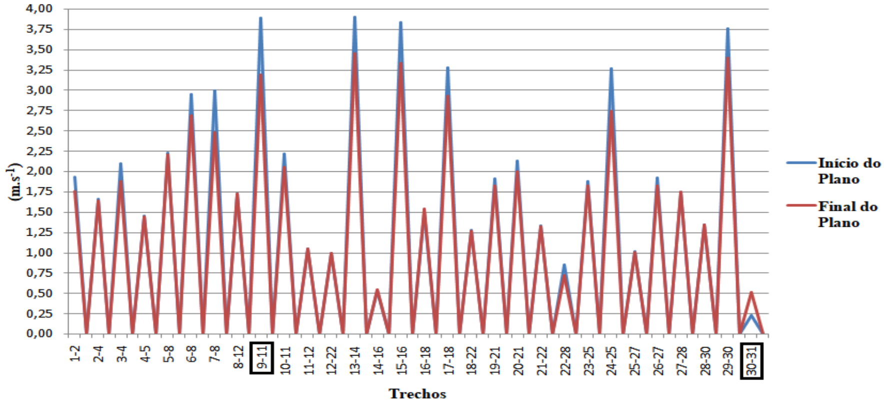


Figura 2 – Comparação das velocidades máximas nos diferentes planos.

Os coletores devem ser projetados para operar como condutos livres, no máximo com uma lâmina de água igual a 75% do diâmetro interno, garantindo à parte superior dos condutos ventilação e espaço livre em caso de imprevisões de aumento de nível (ABNT, 1986). Em ambos os casos, os condutos passaram de operação livre para forçada em determinados momentos, e a maioria dos trechos operou com um valor de lâmina líquida acima do permitido, sendo que apenas sete trechos não ultrapassaram esse valor.

Quando comparadas as condições de velocidade máxima e lâmina líquida, nota-se uma relação inversamente proporcional, pois quando a lâmina de água está abaixo dos 75% do diâmetro, a velocidade aumenta em virtude da diminuição da área molhada, considerando a mesma vazão. Por exemplo, o trecho 9-11, em cenário inicial, apresentou velocidade máxima mais alta dentre todos os trechos, 3,89 $m.s^{-1}$, enquanto sua lâmina líquida é a mais baixa, operando com 57% do diâmetro. Por outro lado, quando Y/D = 1, a velocidade diminuiu consideravelmente, pelo fato de que a área molhada coincidiu com a área da seção transversal do tubo, conforme o último trecho 30-31, o qual apresentou velocidade máxima de 0,23 $m.s^{-1}$, a mais baixa de todos os trechos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho terá continuidade a partir da análise de todas as outras condições exigíveis pela NBR 9649/86. De qualquer maneira, os resultados iniciais apontam a necessidade de adequação da rede coletora de esgoto do bairro do Capaúva, a fim de que os parâmetros hidráulicos sejam atendidos nos cenários atual e futuro, visando o bom funcionamento da mesma.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 9649: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário.** Rio de Janeiro, 1986.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados – Campina do Monte Alegre.** 2012. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/campina-do-monte-alegre.html>. Acesso em: 28 maio 2020.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS. Agência Nacional de Águas. **Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas**. 2015. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/atlas-esgotos>. Acesso em: 23 de Abril de 2020.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Instituto Trata Brasil. **Esgoto.** 2018. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/esgoto>. Acesso em: 23 de Abril de 2020.

VINAGRE, M. V. A, *et al*. **Adaptação do código computacional swmm para simulações de redes de esgotamento sanitário conforme a norma brasileira NBR 964. 2018.** Disponível em: < http://revistas.unama.br/index.php/coloquio/article/view/1117/pdf>. Acesso em: 28 maio 2020.

CAPÍTULO 23

AVALIAÇÃO DA PERFOMANCE DOS MODELOS GR4J, GR5J E GR6J NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO, MINAS GERAIS

Data de aceite: 01/04/2021
Data de submissão: 04/03/2021

Wallace Maciel Pacheco Neto
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM)
Diamantina-MG, Brasil
http://lattes.cnpq.br/7964225405130260

Fabianna Resende Vieira
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM)
Diamantina-MG, Brasil
http://lattes.cnpq.br/9676285021894184

Cristiano Christofaro Matosinhos
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM)
Diamantina-MG, Brasil
http://lattes.cnpq.br/1920874373761507

RESUMO: As bacias hidrográficas constituem a principal escala de estudos envolvendo recursos naturais, especialmente quando há interesses em aspectos relacionados à qualidade e/ou disponibilidade de água. Os modelos hidrológicos são ferramentas importantes no gerenciamento dos recursos hídricos e o estudo hidrológico de bacias hidrográficas, visto que, esses modelos avaliam, simulam e preveem os danos causados por eventos de precipitação levando a um melhor entendimento dos fenômenos hidrológicos que ocorrem nessas bacias, auxiliando no planejamento, manejo e tomada de decisões relacionadas aos recursos naturais. Dessa maneira, os objetivos deste trabalho consistem, primeiramente, em testar o desempenho do modelo GR4J do fluxo de chuva na bacia hidrográfica Ribeirão São João e, em segundo lugar, comparar o resultado do GR4J com os modelos GR5J e GR6J. Os resultados obtidos mostram o modelo GR4J apresentou melhor desempenho em relação aos modelos GR5J e GR6J. Porém, a partir da análise dos hidrogramas e dos valores de NSE e KGE gerados, os modelos GR4J e GR5J se mostraram eficazes na modelagem de bacias de baixo fluxo, como é o caso da bacia do Ribeirão São João.
PALAVRAS-CHAVE: Bacias hidrográficas; Modelos hidrológicos; GR4J; GR5J; GR6J; Recursos Hídricos.

PERFOMANCE ASSESSMENT OF GR4J, GR5J AND GR6J MODELS IN THE RIBEIRÃO SÃO JOÃO HYDROGRAPHIC BASIN, MINAS GERAIS

ABSTRACT: The hydrographic basins constitute the main scale of studies involving natural resources, especially when there are interests in aspects related to the quality and / or availability of water. Hydrological models are important tools in the management of water resources and the hydrological study of hydrographic basins, since, these models evaluate, simulate and predict the damage caused by precipitation events leading to a better understanding of the hydrological phenomena that occur in these basins, helping in planning, management and decision-making related to natural resources. Thus, the objectives of this work are, first, to test the performance of

the GR4J model of rain flow in the Ribeirão São João hydrographic basin and, secondly, to compare the GR4J result with the GR5J and GR6J models. The results obtained show that the GR4J model showed better performance compared to the GR5J and GR6J models. However, from the analysis of the hydrograms and the NSE and KGE values generated, the GR4J and GR5J models proved to be effective in modeling low flow basins, as is the case of the Ribeirão São João basin.
KEYWORDS: Watersheds; Hydrological models; GR4J; GR5J; GR6J; Water resources.

INTRODUÇÃO

O entendimento completo de todos os processos hidrológicos envolvidos em suas escalas espaciais e temporais é necessário para o gerenciamento e avaliação dos recursos hídricos dentro das bacias hidrográficas (Koffi & Bernier *et al.*, 2007). Os estudos hidrológicos em bacias hidrográficas permitem compreender o funcionamento do balanço hídrico, movimento das águas e os impactos de mudanças do uso da terra sobre a quantidade e qualidade da água (Whitehead *et al.*, 1993, Castilho, 2005).

Contudo, a compreensão da dinâmica dos recursos hídricos apresenta alta complexidade devido a diversos fenômenos que podem alterar sua dinâmica. Estiagens, inundações, produção e transporte de sedimentos são exemplos de dificuldades que podem influenciar na compreensão do funcionamento do ciclo hidrológico em estudos ambientais (Andrade *et al.*, 2013).

Diante dessas complexidades modelos hidrológicos numéricos vêm se mostrando uma poderosa ferramenta de análise ambiental, segundo Viola *et al.* (2012) estes modelos podem ser aplicado à previsão de vazões, avaliação de cenários climáticos, de uso do solo, estudos de disponibilidade hídrica, preenchimento de falhas em séries de dados (Silans *et al.*, 2000), entre outros . Diversos modelos hidrológicos têm sido desenvolvidos e utilizados em várias partes do mundo, como o SWAT (Stackelberg *et al.*, 2007), SMAP (Saraiva *et al.*, 2011), NRM3 (Notter *et al.*, 2007), annAGNPS (Yuan *et al.*, 2011), AGNPS (Licciardello *et al.*, 2007) dentre outros. Esses modelos diferem entre si principalmente em relação à quantidade e qualidade dos dados de entrada, bem como à distribuição espacial dessas variáveis (Zhou & Wang, 2008). Os modelos de precipitação pluviométrica permitem aos usuários prever o escoamento superficial de uma bacia hidrográfica a partir da quantidade de precipitação recebida por essa bacia hidrográfica (Donelly-Makowecki & Moore, 1999). Assim, uma vez que escoamento superficial tem íntima relação com a topografia/geomorfologia, uso e ocupação, solo, vegetação e mudanças climáticas que atuam sobre a bacia hidrográfica os efeitos dessas variáveis sobre a produção de água das bacias podem ser avaliados a partir desses modelos (Ziu *et al.*, 2002).

A partir da calibração e validação dos parâmetros dos modelos é possível chegar a resultados satisfatórios da relação entre a chuva e a vazão nas bacias hidrográficas. Contudo, a complexidade dos modelos é um fator importante a ser considerado nos

estudos hidrológicos. Um número excessivo de parâmetros e de dados de entrada, bem com a exigência de uma discretização espacial detalhada pode invalidar a utilização desses modelos.

Os modelos hidrológicos GR (Génie Rural) são construídos para simulação da vazão em diversas escalas temporais, utilizando como entrada séries temporais de vazão, precipitação, evapotranspiração e temperatura (Coron *et al.,* 2016). Os modelos (GR) de chuva-vazão incluem os modelos diários GR4J (Perrin *et al.,* 2003), GR5J (Le Moine, 2008) e GR6J (Pushpalatha et al., 2011), apresentando baixa complexidade e desempenho considerado satisfatório em algumas situações (Perrin *et al.,* 2003; Le Moine, 2008; Pushpalatha *et al.*, 2011). Segundo Coron *et al.*, (2016) estes modelos concentrados utilizam de quatro a seis parâmetros calibráveis, sendo aplicáveis a diversas escalas de tempo e para a avaliação da estimativa do balanço hídrico, previsão e simulação de impactos no ciclo hidrológico, dentre outras aplicações.

O objetivo desse trabalho é avaliar o desempenho de três modelos diários chuva-vazão (GR4J, GR5J e GR6J), identificando os principais parâmetros relacionados à geração da vazão na bacia do Ribeirão São João no Estado de Minas Gerais, Brasil.

ÁREA E DADOS DO ESTUDO

A bacia do Ribeirão São João está inserida na bacia hidrográfica do Rio Araçuaí, localizada entre a latitude -16,69º e a longitude -41.50º (figura 3). Sua nascente está localizada no município de Padra Paraíso-MG e, além disso, percorre os municípios de Itamarandiba e Carbonita, totalizando uma área de, aproximadamente, 308 km^2, o que representam cerca de 2,0% da área da bacia do rio Araçuaí (IGAM, 2010).

O ribeirão São João torna-se importante por ser, juntamente com o córrego Santo Antônio (afluente do rio Araçuaí), um dos mananciais de abastecimento público de água da sede municipal de Itamarandiba. Além disso, os usos preponderantes das suas águas são para consumo humano, contato primário e irrigação de pequenas culturas (IGAM, 2010).

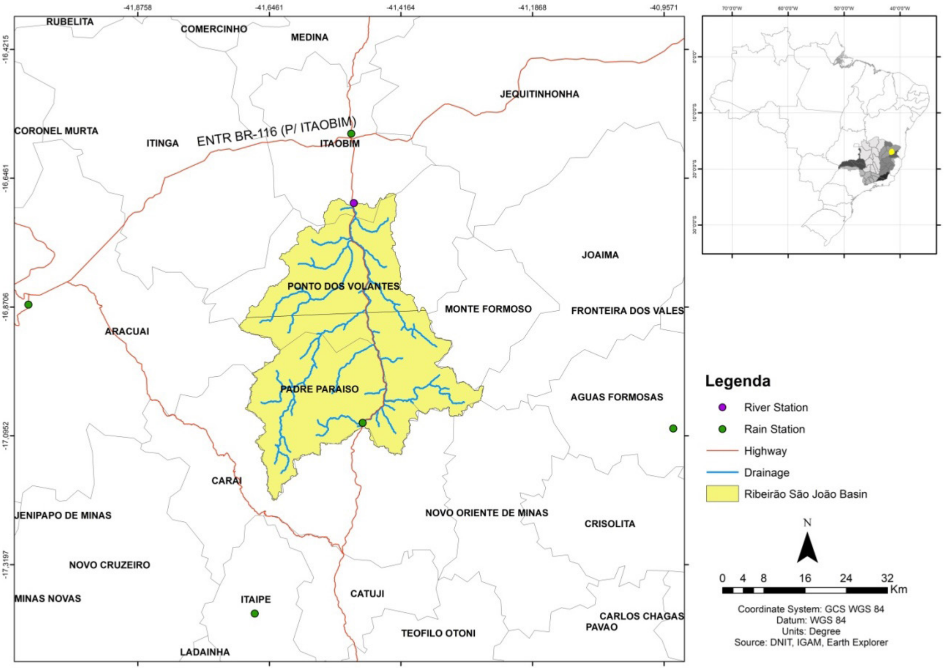


Figura 1: Localização da área de estudo.

A região apresenta clima tropical de altitude, com seis meses secos (de abril a setembro). A precipitação máxima ocorre durante os meses de novembro, dezembro e janeiro. A temperatura média anual é de 25ºC com índice pluviométrico médio de 1.300 mm anuais. As médias das temperaturas, mínima e máxima, acompanham a evolução da temperatura média ao longo do ano. O cerrado representa o principal tipo de vegetação. A paisagem predominante de relevo é a montanhosa (40%), com as feições planas (30%) e onduladas (30%) em menor proporção (CPRM, 2005).

As principais rochas presentes na área de estudo correspondem às rochas do Grupo Macaúbas, sendo a Formação Ribeirão da Folha a maior representante deste grupo na região (CPRM, 2005). Suas litologias correspondem a xistos, grauvacas, rochas calcissilicáticas, formações ferríferas (BIF's) e Metaconglomerados. Além da presença de depósitos aluvionares representados por sedimentos arenosos e argilo-arenosos, localmente com níveis de cascalho. Os solos predominantes na área de estudo são os Latossolos, representados pelos solos mais evoluídos e presente nos fundos dos vales e encostas baixas da região e os Argissolos estando associados às regiões mais altas da área de estudo (IGAM, 2010).

MÉTODOS

O modelo GR4J é um modelo chuva-vazão diário de quatro parâmetros, que pertence à família dos modelos de contabilidade de umidade do solo (Perrin *et al.* 2003). Como muitos outros modelos conceituais, sua estrutura consiste de componentes genéricos representando a bacia dinâmica a partir de uma perspectiva funcional (Fenicia *et al.* 2011) (Fig. 1): (a) um elemento reservatório para armazenamento do solo e liberação de água com capacidade máxima definida pelo parâmetro X1 (mm); (b) um elemento de função de atraso, incluindo um operador de convolução definido através do parâmetro X4 (dias) e um repositório de roteamento com capacidade máxima definida pelo parâmetro X3 (mm), para transmissão e atrasos de fluxos; e (c) junção elementos para mesclar ou dividir fluxos. Além do que, além do mais, a estrutura do modelo GR4J inclui um termo de ganho / perda em o balanço hídrico modelado, que pode ser assimilado a um termo de troca de água subterrânea, proporcional ao parâmetro X2 (mm).

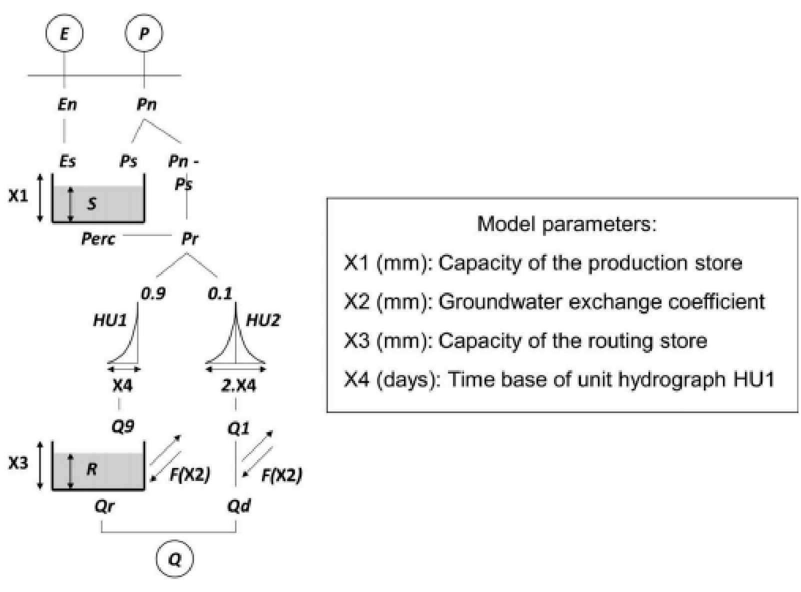


Figura 2: Diagrama simplificado do modelo chuva-vazão GR4J.

Fonte: Modificado de Perrin et al. (2003).

Os modelos GR5J e GR6J também são modelos chuva-vazão diários, que apresentam cinco e seis parâmetros, respectivamente. O modelo GR5J, além dos quatro parâmetros que compõe o modelo GR4J, apresenta o parâmetro X5 que constitui o limite de trocas na bacia. Já o modelo GR6J, além dos cinco parâmetros que compõe o modelo GR5J, apresenta o parâmetro X6 (mm), que representa o coeficiente de esvaziar o

armazenamento exponencial (Coron, et al., 2019).

O processo de aplicação dos modelos incluiu o levantamento dos dados de entrada e a simulação propriamente dita, sendo subdividida em calibração e validação.

Dados de Entrada

A delimitação da bacia foi realizada a partir de imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) (Farr *et al.* 2007), com resolução espacial de 30 metros, (USGS, 2019), processadas no programa QGIS (2.18.13).

Os modelos GR4J, GR5J e GR6J exigem como dados de entrada: séries de temperatura e precipitação, série temporal de vazão, tamanho e latitude da bacia, e, curva hipsométrica (somente em casos de existência de neve na bacia).

Os dados de evapotranspiração foram calculados com base na equação de Priestley-Taylor (1972), utilizando como dados de referência diária a temperatura máxima e mínima (INMET, 2018), além de latitude e altitude da área de estudo, pelo uso do pacote EcoHydRology (Fuka *et al.* 2018). As descrições das estações de temperatura, pluviométricas e fluviométrica utilizadas estão apresentadas na tabela 1. A pluviosidade média da bacia foi determinada a partir do peso das estações 67% e 33%, calculado a partir do polígono de Thiessen.

	Código	Latitude	Longitude	Altitude	Mínima	Máxima	Média	Número de NAs
Estação Fluviométrica	54590000	-16.6894º	-41.4986º	400 Metros	0.005	8.894	0.272	4780
Estação Pluviométrica	1741013	-17.0728º	-41.4831º	480 Metros	0.000	90.450	2.474	5559
	1641007	-16.6894º	-41.4986º	400 Metros				
Estação de Temperatura	83442	-16.8389º	-42.0609º	289 Metros	6.50 ºC	42.60 °C	24.80 ºC	18595

Tabela 1: Características das estações fluviométrica, pluviométrica e de temperatura utilizadas no estudo dada bacia do Ribeirão São João no período de 1998 a 2013.

Os dados faltantes foram preenchidos pelo método de múltipla imputação, por meio do pacote “mice” (Buuren *et al.* 2011) do programa R (R Core Team, 2019).

Simulação

A simulação do modelo foi dividida em: calibração e validação.

A calibração foi baseada no método *Calibration_Michel*, é um algoritmo de calibração que otimiza o critério de erro selecionado como função objetivo (Michel, 1991). Para a calibração, foi considerado o período entre 01/01/1998 a 31/12/2008, sendo utilizados os coeficientes de eficiência Nash-Sutcliffe (NSE) (Nash-Sutcliffe, 1970) e de Kling-Gupta

(KGE) (Grupta *et al.* 2009) como função objetivo.

O Coeficiente de Eficiência Nash-Sutcliffe (NSE) (Nash-Sutcliffe, 1970) é a estatística normalizada que determina a magnitude relativa da variância residual (ruído), comparada com a variância dos dados observados, e é calculado como:

$$NSE = 1 - \frac{\sum \left(Y_{obs,i} - Y_{mo\ del} \right)^2}{\sum \left(Y_{obs,i} - \overline{Y_{obs}} \right)^2}$$

O NSE descreve a quantidade de variância entre os valores observados ao longo do tempo de simulação. O NSE varia entre -∞ e 1,0, onde o valor 1 indica o ajuste perfeito. Valores entre 0 e 1 são geralmente visto como níveis aceitáveis, sendo a classificação de desempenho para Moriasi et al. (2007), muito boa quando o NSE está entre 0,75 e 1; boa quando o NSE está entre 0,65 e 0,75; satisfatória quando o NSE está entre 0,50 e 0,65 e, insatisfatória quando o NSE é menor ou igual a 0,50.

O Coeficiente de Eficiência de Kling-Gupta (KGE) foi desenvolvido por Grupta *et al.* (2009), para fornecer uma decomposição da eficiência Nash-Sutcliffe, o que facilita a análise da importância relativa de seus diferentes componentes no contexto da modelagem hidrológica, e é calculado pela fórmula:

$$KGE = 1 - sqrt((r - 1)^2 + (\alpha - 1)^2 + (\beta - 1)^2)$$

Em que, r = coeficiente de correlação linear entre Q [simulado] e Q [observado], e $\alpha = \sigma[sim] / \sigma[obs]$, $\beta = \mu[sim] / \mu[obs]$. O KGE varia entre -1 e +1, sendo que, quanto mais próximo de 1 melhor, indicando o ajuste perfeito para o modelo.

A validação do modelo foi feita considerando os melhores resultados dos parâmetros obtidos na calibração. Foram considerados três períodos de validação, sendo o primeiro de 01/01/2009 a 01/08/2018, o segundo de 01/01/2009 a 01/08/2013, e 01/01/2016 a 01/08/2018.

Os resultados dos modelos GR4J, GR5J e GR6J, foram comparados entre si, a fim de verificar quais deles apresentaram melhor desempenho na bacia. As simulações foram realizadas no pacote “airGr” (Coron et al., 2019) do programa R (R Core Team, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Calibração

Os resultados da simulação no período de calibração (01/01/1998 a 31/12/2008) para os modelos GR4J, GR5J e GR6J são apresentados na figura 4.

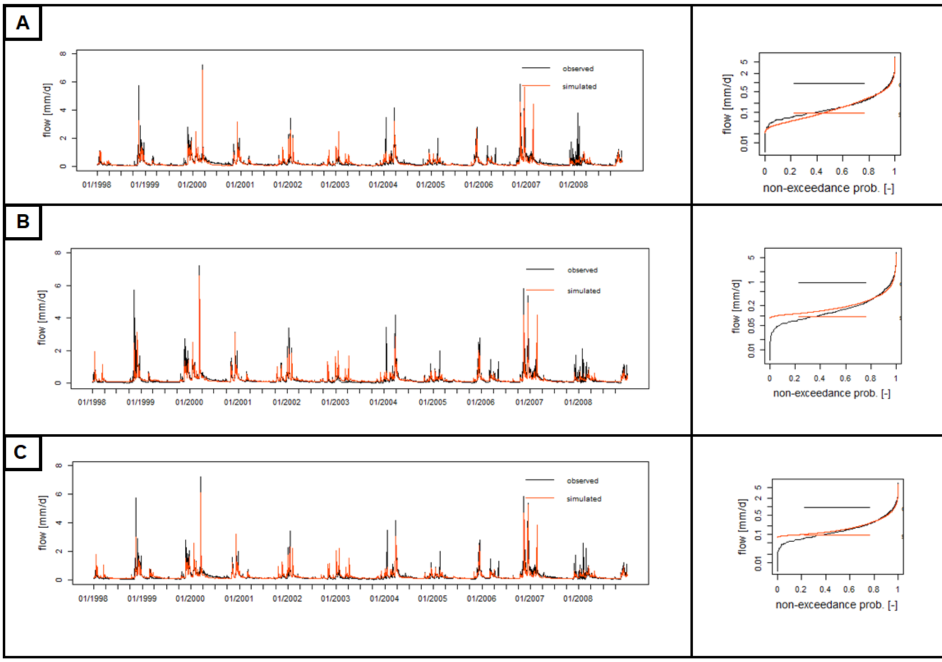


Figura 3: Vazão simulada versus observada na simulação da relação chuva-vazão pelos modelos GR4J (A), GR5J (B) e GR6J (C) na bacia do Rio São João, no período de calibração, de 01/01/1998 - 31/12/2008.

Os modelos representaram satisfatoriamente a variação sazonal marcante das vazões na região de estudo, ao longo dos anos (Figura 3). No hidrograma do modelo GR4J (Figura 3A), constata-se uma tendência de superestimação da vazão pelo modelo no período de 01/2005 a 01/2007, enquanto para o período de 01/1999 a 01/2004, a vazão simulada apresentou tendência de subestimação, o que pode estar associado a alguma alteração climática local, ou com os erros na vazão modelada (Figura 4A) onde no primeiro período citado (próximo a 01/2007) pode ser observado no gráfico um grande erro positivo na vazão simulada, já no segundo período (01/1999 a 01/2005) os maiores erros na vazão simulada apresentam tendência negativa. Blöschl e Montanari (2010) argumentaram que mudanças nas condições climáticas têm efeitos diferentes no clima e na hidrologia, dependendo de características locais como topografia, geomorfologia e solos da bacia hidrográfica.

No hidrograma do modelo GR5J (Figura 3B) e GR6J (Figura 3C) constata-se que a calibração não conseguiu simular bem as vazões para esse modelo, visto que, de modo geral, a vazão observada superestima a simulada, com exceção do período 01/2003, que a vazão observada é subestimada em relação à simulada, este comportamento pode ser explicado a partir dos erros positivos na vazão simulada neste período e podem ser observados na Figura 4. Este comportamento de superestimação da vazão simulada sobre

a observada também ocorre no modelo GR4J.

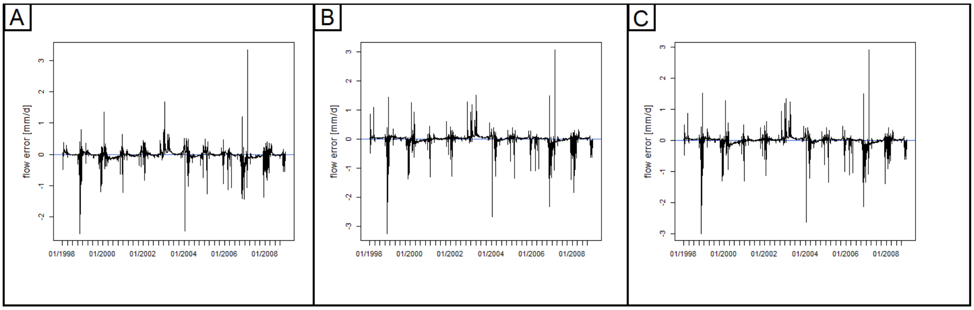


Figura 4: Distribuição temporal dos erros da vazão modelada no período de calibração nos modelos GR4J (A), GR5J (B) e GR6J (C).

As curvas de probabilidade de não excedência de vazão modelada apresentou maior similaridade com os maiores valores de vazão nos três modelos (Figura 3A, 3B e 3C), este padrão ilustra uma relação linear mais forte para as maiores vazões. Em situações de baixo fluxo o modelo GR4J subestimou as vazões simuladas nestes gráficos (Figura 3A), já os modelos GR5J e GR6J superestimaram as vazões simuladas (Figura 3B e 3C).

Os valores de NSE obtidos nos modelos GR4J, GR5J e GR6J foram de 0,7521, 0,7337 e 0,7527, respectivamente, de acordo com a classificação de desempenho elaborada por Moriasi et al. (2006) os valores gerados no modelo GR4J e GR6J obtiveram um resultado muito bom e para o modelo GR5J um resultado bom. Os valores de KGE obtidos nos modelos GR4J, GR5J e GR6J foram de 0,8226, 0,7882 e 0,8150, respectivamente, os valores encontrados apresentaram resultado de bom a ótimo, os quais se aproximaram de 1,0, sendo este o melhor ajuste possível, conforme Grupta et al. (2009).

	GR4J	GR5J	GR6J
NSE	0,7521	0,7337	0,7527
KGE	0,8226	0,7882	0,8150

Tabela 2: Valores de NSE e KGE gerados na calibração dos três modelos.

Validação

Os resultados da simulação no período de validação (01/01/2009 a 01/08/2013) para os modelos GR4J, GR5J e GR6J são apresentados na figura 5.

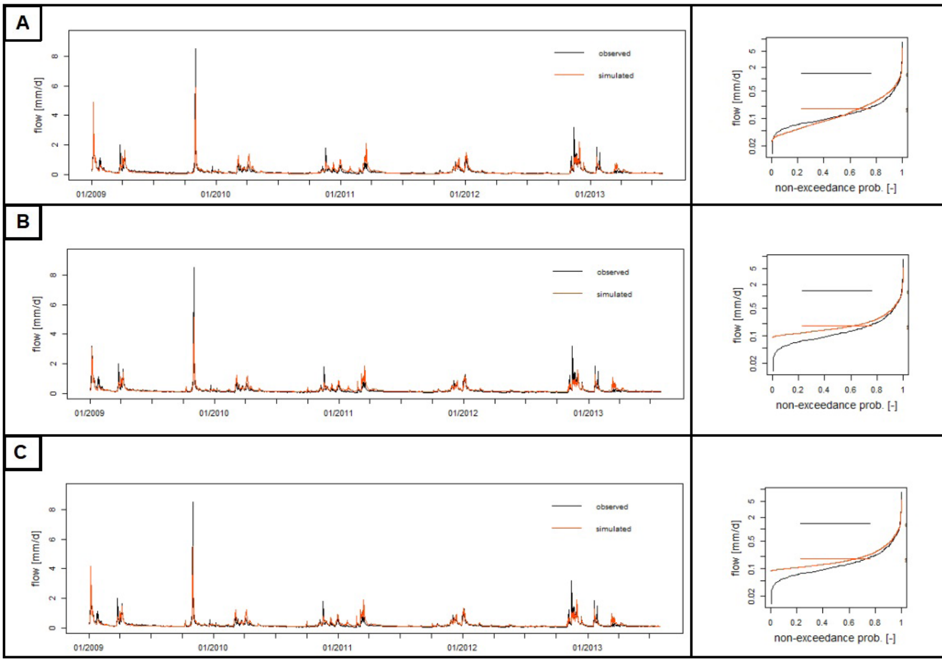


Figura 5: Vazão simulada versus observada na validação da relação chuva-vazão pelos modelos GR4J (A), GR5J (B) e GR6J (C) na bacia do Rio São João, no período de calibração, de 01/01/2009 - 01/08/2013.

No hidrograma da Figura 5, para o modelo GR4J (A), observa-se que o período de validação de 01/01/2009 a 01/08/2013 apresentou bons resultados, para esse modelo ao analisar o comportamento das linhas de vazões simuladas e observadas, com exceção dos períodos 10/2009 e 11/2012, onde o modelo não conseguiu simular as altas vazões observadas. Além disso, o gráfico de probabilidade de não excedência de vazão obteve curvas de simulação e observação similares.

Para o modelo GR5J (B) e GR6J (C), observa-se que no geral o modelo não conseguiu simular bem as vazões de alto fluxo, pois em alguns períodos do gráfico, que compara o fluxo observado com o simulado, os valores de vazão simulada subestimaram os valores de vazão observada, este comportamento ocorre nos períodos de 10/2009 e 11/2012. Tal comportamento, em vazões de alto fluxo, também foi observado pelos autores Pushpalatha (2013) e Cherki (2018). Enquanto as curva de probabilidade de não excedência da vazão modelada apresentou um ajuste pouco relevante em relação à vazão observada, principalmente em ocasiões de baixo fluxo.

No gráfico de erro da Figura 6, pode-se observar o erro negativo de vazão, que ocorre no período 10/2009, para os modelos GR4J (A), GR5J (B) e GR6J(C), sendo comprovado pela não simulação das altas vazões observadas para a validação. Este erro também ocorre para o período 11/2012, como já citado acima. Além disso, observou-se

que o erro positivo de fluxo simulado ocorre somente para os modelos GR4J e GR6J, no período de 01/2009, sendo comprovado pelos hidrogramas da Figura 5 (A) e (C), visto que, esses apresentaram vazões simuladas superestimadas.

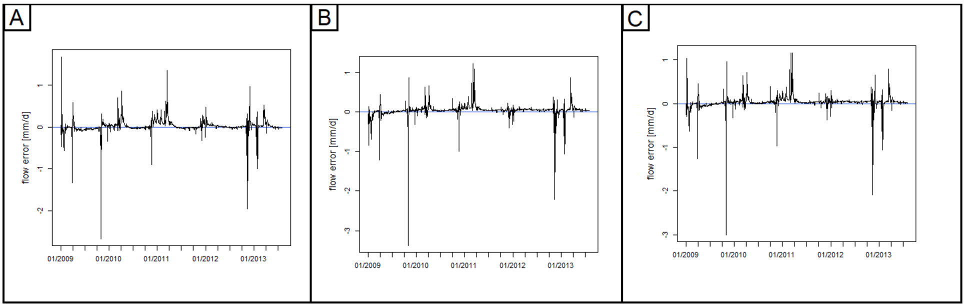


Figura 6: Distribuição temporal dos erros da vazão modelada no período de validação nos modelos GR4J (A), GR5J (B) e GR6J (C).

Os valores de NSE obtidos nos modelos GR4J, GR5J e GR6J foram de 0,7844, 0,7730 e 0,7898, respectivamente, de acordo com a classificação de desempenho elaborada por Moriasi *et al.* (2006) os valores gerados para todos esses modelos obtiveram um resultado muito bom. Enquanto os valores de KGE obtidos nos modelos GR4J, GR5J e GR6J foram de 0,8249, 0,6933 e 0,7649, respectivamente, indicando que os valores encontrados apresentaram resultado de bom a ótimo, visto que, se aproximaram de 1,0, sendo este o melhor ajuste possível, conforme Grupta *et al.* (2009). De acordo com os resultados obtidos, o modelo GR6J apresentou maior eficiência quando comparado ao GR5J, visto que, esse modelo simula os fluxos com menor perda de eficiência em situações altos fluxos. Esse fato também é observado por Pushpalatha (2013).

	GR4J	GR5J	GR6J
NSE	0,7844	0,7730	0,7898
KGE	0,8249	0,6933	0,7649

Tabela 3: Valores de NSE e KGE gerados na validação dos três modelos.

CONCLUSÕES

O modelo GR4J apresentou melhor desempenho em relação aos modelos GR5J e GR6J, com valores de 0,7521 (NSE) e 0,8226 (KGE) no período de calibração e 0,7844 (NSE) e 0,8249 (KGE) como melhor desempenho na validação. Enquanto o modelo que apresentou pior desempenho foi o GR5J, com valores de 0,7337 (NSE) e 0,7882 (KGE) no

período de calibração e 0,7730 (NSE) e 0,6933 (KGE) para o período de validação.

Os modelos GR4J, GR5J e GR6J tiveram seu desempenho prejudicado na representação da simulação dos períodos de pico de chuva, como pode ser observado nos períodos 10/2009 e 11/2012. Tal fato pode ser explicado por serem períodos de alta variação climática, com elevada pluviosidade na área de estudo, que contribuem aos processos hidrológicos da bacia e devido ao comportamento dos modelos em situações de altas vazões. Porém, a partir da análise dos hidrogramas e dos valores de NSE e KGE gerados, os modelos GR4J e GR5J se mostraram eficazes na modelagem de bacias de baixo fluxo, como é o caso da bacia do Ribeirão São João.

A mudança e variabilidade climática podem interferir no sistema hidrológico da bacia de estudo. Considerando estes fenômenos, novas simulações, que abranjam períodos de calibração e validação, diferentes dos considerados, podem ser realizados com intuito de obter uma maior compreensão do comportamento da bacia do Ribeirão São João.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. A.; DE MELLO, C. R.; BESKOW, S. **Simulação hidrológica em uma bacia hidrográfica representativa dos Latossolos na região Alto Rio Grande, MG. Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental-Agriamb**i, v. 17, n. 1, 2013.

ARNOLD, J. G.; SRINIVASAN, R.; MUTTIAH, R. S.; WILLIAMS, J. R. **Large area hydrologic modeling and assessment part I: model development. JAWRA Journal of the American Water Resources Association**, v. 34, n. 1, p. 73-89, 1998.

ARNOLD,J.G.; YOUSSEF, M.A.; YEN, H. ; WHITE, M.J.; SHESHUKOV, A.Y.; SADEGHI, A.M.; MORIASI, D.N.; STEINER, J.L.; AMATYA, D.M.; SKAGGS, R.W.; HANEY, E.B.; JEONG, J.; ARABI, M.; GOWDA, P.H**. Hydrological processes and model representation: Impact of soft data on calibration. Transactions of the ASABE**, v. 58, n. 6, p. 1637-1660, 2015.

BLOSCHL, G.; MONTANARI, A. **Climate Change Impacts – Throwing the Dice? Hydrological Processe**s, 24, 374-381. 2010.

CASTILHO, C. P. G**. Simulação hidrológica de uma bacia rural utilizando o modelo TOPMODEL acoplado a um modelo de interceptação de chuva pela cobertura vegetal**. 2005. 280 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2005.

CHERKI, K. **Infiltration between GR5J modelling in the oued n'chef watershed and water balance calculation of meffrouch dam (Tafna, North-West Algerian)**. LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2602-7828, n. 35, p. 73-86, 2018.

CORON, L., THIREL, G., DELAIGUE, O., PERRIN, C. and ADREÁSSIAN, V. **The Suite of Lumped GR Hydrological Models in an R package**. Environmental Modelling and Software, 94, 166-171. DOI: 10.1016/j.envsoft.2017.05.002. 2017.

CORON, L., DELAIGUE, O., THIREL, G., PERRIN, C. and MICHL, C. airGR: **Suite of GR Hydrological Models for Precipitation-Runoff Modelling**. R package version 1.3.2.23. 2019

COZ M. L., BRUGGEMAN, A., CAMERA, C., LANGE, M. A. **Impact of precipitation variability on the performance of a rainfall–runoff model in Mediterranean mountain catchments.** Hydrological Sciences Journal. 2016.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Mapa Geológico de Minas Gerais. Belo Horizonte: CPRM/COMIG**. Escala 1:1.000.000. Meio Digital. 2003.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea - Vale do Jequitinhonha.** MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, SECRETARIA EXECUTIVA. 2005

DONELLY-MAKOWECKI, L. M. and MOORE, R. D. **Hierarchical testing of three rainfall-runoff models in small forested catchments**. Journal of Hydrology, 219(3/4), 136-152. 1999.

FARR, T. G.; ROSEN, P. A.; CARO, E.; CRIPPEN, R.; DUREN, R.; HENSLEY, S.; SEAL, D. **The shuttle radar topography mission**. Reviews of geophysics, v. 45, n.2, 2007.

FENICIA, F., KAYETSKI, D., and SAVENIJE, H.H.G. **Elements of a flexible approach for conceptual hydrological modeling: 1. Motivation and theoretical development.** Water Resources Research. 2011.

FUKA D.R., WALTER M.T., ARCHIBALD J.A., STEENHUIS T.S. and EASTON Z.M. **EcoHydRology: A Community Modeling Foundation for Eco-Hydrology.** R package version 0.4.12.1. 2018.

GUPTA, H. V.; SOROOSHIAN, S.; YAPO, P. O. **Status of automatic calibration for hydrologic models: Comparison with multilevel expert calibration**. Journal of Hydrologic Engineering, v. 4, n. 2, p. 135-143, 1999.

GUPTA, H. V., KLING, H., YILMAZ, K. K. and MARTINEZ, G. F. **Decomposition of the mean squared error and NSE performance criteria: Implications for improving hydrological modelling**. Journal of Hydrology, 2009.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM**). Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí.** Gama Engenharia de Recursos Hídricos Ltda. Governo do estado de Minas Gerais. Ficha Técnica. 2010

KOFFI, F.K. and Monique BERNIER, Droh L. GONÉ, Mahaman B. SALEY, René LEFÈBVRE, Nagnin SORO et Aimé KOUDOU. **Integrating geo space in a distributed hydrological model for the simulation of water flow in the humid tropics of Ivory Coast (West Africa)**." Journal Remote Sensing, 2007, vol. 7, No. 1-2-3-4, pp. 217-23. 2007.

LICCIARDELO, F.; ZEMA, D. A.; ZIMBONE, S. M.; BINGNER, R. L. **Runoff and soil erosion evaluation by the AnnAGNPS model in a small Mediterranean Watershed**. Transactions of the ASABE, 50, 1585-1593. 2007.

LIU, Z.; TODINI, E. **Towards a comprehensive physically-based rainfall model.** Hydrology and Earth system sciences,6(5), pp . 859-881. 2002.

MICHEL, C. **Hydrologie appliquée aux petits bassins ruraux**, Hydrology handbook (in French), Cemagref, Antony, France. 1991.

MORIASI, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D., & Veith, T. L.. **Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations**. Transactions of the ASABE, v. 50, n. 3, p. 885-900, 2007.

MOUELHI S. **Vers une chaîne cohérente de modèles pluie-débit conceptuels globaux aux pas de temps pluriannuel, annuel, mensuel et journalier**, PhD thesis (in French), ENGREF - Cemagref Antony, Paris, France. 2003.

MOUELHI, S., C. MICHEL, C. PERRIN and V. ANDRÉASSIAN. **Stepwise development of a two-parameter monthly water balance model**, Journal of Hydrology. 2006.

MULETA, M. K.; NICKLOW, J. W**. Sensitivity and uncertainty analysis coupled with automatic calibration for a distributed watershed model.** Journal of Hydrology, v. 306, n. 1-4, p. 127-145, 2005.

NASH, J. E.; SUTCLIFFE, J. V. **River flow forecasting through conceptual models part I—A discussion of principles.** Journal of Hydrology, v. 10, n. 3, p. 282-290, 1970.

NaARASAYYA, K.; ROMAN, U.C.; MEENA, B.L.; SREEKANTH, S.; NAVEED ALI, S. **Prediction of storm-runoff using physically based hydrological model for burhanpur watershed, India.** International journal of remote sensing and geosciences (IJRSG), vol.2, pp.76-85. 2013.

NOURANI, V.; ROUGHANI, A.; GEBREMICHAEL, M. **TOPMODEL Capability for rainfall-runoff modeling of the ammameh watershed at different time scales using different terrain algorithms**. Journal of urban environment engineering, vol.5.n.1, PP.1-14. 2011.

NOTTER, B.; MACMILLAN, L.; VIRIROLI, D.; WEINGARTNER, R.; LINIGER, H. P. **Impacts of environmental change on water resources in the Mt. Kenya Region**. Journal of Hydrology, 343, 266-278. 2007.

PERRIN, C., MICHEL, C., and ANDRÉASSIAN, V. **Improvement of a parsimonious model for streamflow simulation.** Journal of Hydrology, 279 (1–4), 275–289. doi:10.1016/S0022-1694(03)00225-7. 2003.

PUSHPALATHA, R., C. PERRIN, N. LE MOINE, T. MATHHEVET and V. ANDRÉASSIAN**. A downward structural sensitivity analysis of hydrological models to improve low-flow simulation**, Journal of Hydrology, 411(1-2), 66-76. 2011.

PUSHPALATHA R. **Low-flow simulation and forecasting on French river basins: A hydrological modelling approach.** Phd Thesis, Agro Paris Tech, France, 230 p. 2013.

R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2019.

REFSGAARD, J.C. **Parameterisation, calibration and validation of distributed hydrological models.** Journal of Hydrology, v. 198, n. 1-4, p. 69-97, 1997.

SARAIVA, I.; FERNANDES, W.; NAGHETTINI, M. **Simulação hidrológica mensal em bacias sem monitoramento fluviométrico.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.16, p.115-125, 2011.

SILANS, A. M. B. P. et al. **Aplicação do modelo hidrológico distribuído AÇUMOD à bacia hidrográfica do rio do PEIXE-Estado da Paraíba**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 5, n. 3, p. 5-19, 2000.

STACKELBERG, N. O. v.; CHESCHEIR, G. M.; SKAGGS, R. W.; AMATYA, D. M. **Simulation of the hydrologic effects of afforestation in the Tacuarembó River Basin, Uruguay.** Transactions of the ASABE, 50, 455-468. 2007.

VAN BUUREN, S., GROOTHUIS-OUDSHOORN, K. **Multivariate Imputation by Chained Equations in R**. Journal of Statistical Software, 45(3), 1-67. 2011.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Água Pluviais Urbanas. Ministério das Cidades – Global Water Partnership** - World Bank – Unesco 2005.

VIOLA, M. R. **Modelagem hidrológica em uma sub-bacia hidrográfica do baixo rio Araguaia, TO**. Journal of Biotechnology and Biodiversity, v. 3, n. 3, 2012.

WHITEHEAD, P.G.; ROBINSON, M. **Experimental basin studies: an international and historic perspective of forest impacts.. Journal de Hydrology**, 145:217-230, 1993.

YUAN, Y.; BINGER, R. L.; LOCKE, M. A.; THERURER, F. D.; STAFFORD, J**. Assessment of subsurface drainage management practices to reduces nitrogen loadings using AnnAGNPS. Applied Engineering in Agriculture**, v.27, p.335-344, 2011.

ZAKIA, M.J.B. **Identificação e caracterização da zona ripária em uma microbacia experimental: implicações no manejo de bacias hidrográficas e na recomposição de matas nativas.** São Carlos, 1998.

ZHOU, Y.; WANG, Y. Q**. A distributed and object-oriented rainfall-runoff simulation model with hich spatial resolution impervious surface** . Annual conference Portland, Oregon, pp.1-12, 2008.

CAPÍTULO 24

USO DE FERRAMENTAS DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA A PLANIFICAÇÃO DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DESCENTRALIZADO DE ESGOTO SANITÁRIO COM WETLAND CONSTRUÍDO EM MICROBACIA HIDROGRÁFICA URBANA

Data de aceite: 01/04/2021
Data de submissão: 12/03/2021

Lessandro Morini Trindade
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Programa PROFÁGUA
Porto Alegre – Rio Grande do Sul
https://orcid.org/0000-0003-3033-5189
http://lattes.cnpq.br/3871660599486138

RESUMO: O estudo se propôs, no arcabouço da gestão hídrica, a utilizar ferramentas para a planificação de um tratamento descentralizado e complementar de esgoto sanitário contendo Tanque Séptico (TS) seguido de Wetland Construído de Fluxo Vertical (WCFV), na tentativa de revitalização de cursos d'água urbanos. Sistema de técnicas de baixo impacto e reduzido custo de implantação, não necessitando de grandes áreas e podendo alcançar eficiente redução de carga orgânica. A área de estudo está na Microbacia da barragem Mãe d'Água, em estimados 3,38 km² de área e população de 18.632, situada entre os municípios de Viamão e Porto Alegre/RS. Representada por uma área urbana desassistida de infraestrutura sanitária local. Utilizaram-se ferramentas como: diagrama de Ishikawa, Sistema de Informação Geográfica (SIG) com a produção de mapas temáticos e métodos de análises operacionais atividades de campo, dimensionamento e precificação da descentralização. O uso de geoprocessamento foi preponderante na determinação de Área ideal para projeção de instalação do sistema de tratamento, considerando critérios. Sendo que para um universo de 30 pessoas a proposta tornou-se viável e a Planificação com macro ações apresentou limitações: subjetividade para algumas ferramentas; precificação de TS com WCFV resultou em valores altos para uma economia.

PALAVRAS-CHAVE: Wetlands Construídos; Gestão Integrada de Recursos Hídricos; Tratamento Descentralizado.

APPLYING WATER RESOURCE MANAGEMENT TOOLS TO PLAN A DECENTRALIZED SANITARY SEWAGE TREATMENT SYSTEM WITH CONSTRUCTED WETLAND IN URBAN HYDROGRAPHIC MICROBACY

ABSTRACT: The study proposes, in the water management framework, to use tools to plan a decentralized, complementary wastewater treatment, using septic tank (ST) followed by vertical flow constructed wetland (VFCW), in the aim of revitalizing urban watercourses. These technologies are low-impact and have a reduced implementation cost, not requiring large areas and being able to to efficiently reduce organic load. The area of study was the Mãe d'Água dam microbasin, with approximately 3.38 km² in area and population of 18,632, located between the cities of Viamão and Porto Alegre/RS. This is an urban area with no local sanitary infrastructure. We used tools such as the Ishikawa diagram, fieldwork and geographic information system (GIS) to produce thematic maps, operational analysis methods and sizing and cost of

decentralization. The use of geoprocessing was essential to determine the ideal area to project the installation of the sewage treatment system. For a group of 30 people, the proposal was viable, but the one for four people presented limitations, such as: subjectivity for some tools; ST with VFCW resulted in high costs, not meeting the goal of reduced implementation cost.
KEYWORDS: Constructed Wetlands; Integrated Management of Water Resources; Decentralized Sanitation System; Low-impact Technologies; Geoprocessing.

1 I INTRODUÇÃO

A expansão urbana desordenada nas grandes cidades é uma das causas da poluição dos recursos hídricos urbanos, afetando a qualidade de suas águas e também a integração com o espaço urbano. Tucci (2008) descreveu: "o meio formado pelo ambiente natural e pela população (socioeconômico urbano) é um ser vivo e dinâmico que gera um conjunto de defeitos interligados, que sem controle pode levar a cidade ao caos". Essa integração é uma das características da "governança" e as Nações Unidas a descrevem como uma inclusão de partes interessadas como governo, setor privado e sociedade civil e ao mesmo tempo identifica que as decisões tomadas baseiam-se nas relações complexas entre muitos atores com prioridades diferentes (UN-Habitat, 2005). A Lei das Águas brasileira em seu arcabouçou estrutural também apresenta como fundamento uma gestão descentralizada e participativa que privilegie decisões locais.

O supra citado "caos" pode estar caracterizado com o que foi ressaltado por Poleto (2011): "um dos grandes problemas verificados nas bacias hidrográficas urbanas brasileiras se refere à quantidade de resíduos sólidos, esgoto doméstico e sedimentos que são lançados aos rios e corpos d'águas que drenam essas bacias". Esse problema também é recorrente nas águas dos cursos d'água que aportam à microbacia hidrográfica da barragem Mãe D'Água, situada na divisa entre os municípios de Porto Alegre e Viamão, no Rio Grande do Sul. Neste contexto, buscou-se uma compreensão do sistema de tratamento descentralizado e da possibilidade de utiliza-lo na gestão de recursos hídricos urbanos locais. Supôs-se que a utilização de ferramentas de gestão: Diagrama de Ishikawa, Sobreposição de mapas temáticos e análise de tecnologia Low Impact Developments (LID). As práticas LID são utilizadas para o manuseio da água pluvial tentando mantê-la no seu local de precipitação, o máximo possível, retardando seu escoamento, sendo ferramentas para um manejo pluvial local e que promovem diretamente uma melhor qualidade das águas urbanas. A concepção da tecnologia LID também se insere no WC, o qual pode ser utilizado como tratamento complementar de esgoto sanitário. O WC fez parte da configuração de um sistema de tratamento descentralizado, planificado para esse estudo. Sendo uma tecnologia amplamente executada e divulgada pela comunidade científica como Alencar et al. (2018); von Sperling e Sezerino (2018); Trindade, Dreyer e Magalhães (2016); Sezerino, et al. (2015) e UACDC (2010). O WC tem aplicação por ser considerada uma tecnologia de baixo impacto, podendo apresentar baixo custo de operação e manutenção conforme

peculiaridades de projeto e locais.

1.1 Objetivos

O propósito principal desse estudo é utilizar ferramentas de gestão que possam auxiliar os tomadores de decisão na potencialização de gestão integradora entre os responsáveis pelas entidades intervenientes da gestão de recursos hídricos e da gestão de saneamento ambiental na decisão local, sob o pretexto de planificação do uso de tratamento descentralizado e complementar de esgoto sanitário com Wetland Construído (WC), em área deficitária de infraestrutura sanitária, localizada na microbacia hidrográfica da barragem Mãe d'Água, entre os municípios de Porto Alegre e Viamão/RS.

2 I MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo delimitada em software de geoprocessamento foi a da microbacia hidrográfica da barragem Mãe d'Água, além de inserir componentes ambientais reais interpretados e manipulados gerando os mapas temáticos como produtos finais.

A área da microbacia localiza-se no município de Viamão e a barragem propriamente dita, ou seja, seu exutório - à jusante - situa-se no município de Porto Alegre. Sendo que microbacia da barragem Mãe d'Água possui uma área de 3,38 km² ou seja 338 ha, determinada e delimitada (Figura 1) por meio de análise de banco de dados espacial em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), contendo informações cartográficas e tabulares referentes ao mapeamento dos temas propostos.

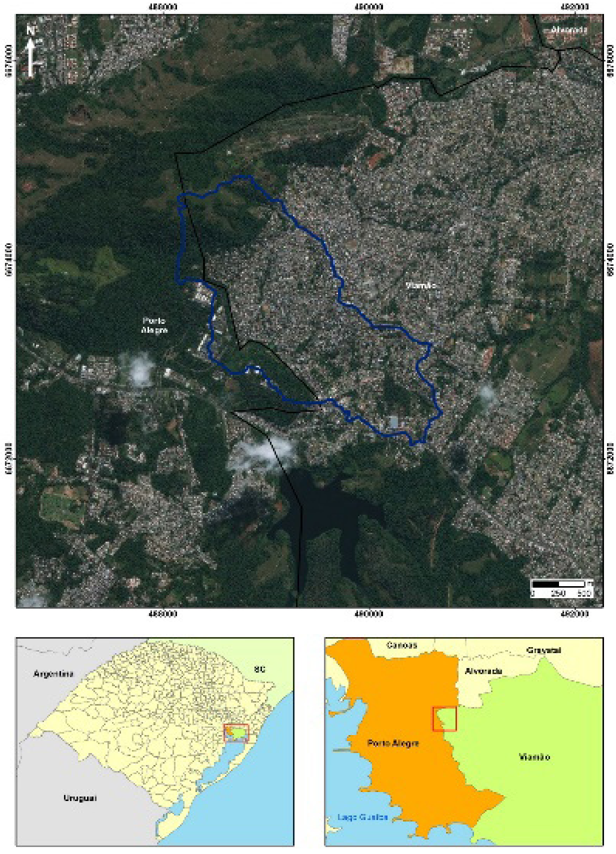


Figura 1 – Mapa de Localização da Microbacia da Barragem Mãe d’Água.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

Utilizando a metodologia de avaliação de impactos ambientais denominada “sobreposição de informações/mapas”, e caracterizada por Calijuri e Cunha (2013); Vesilind e Morgan (2015) buscou-se a elaboração de um mapa que determinou a aptidão de áreas para a implantação de técnicas de baixo impacto referentes ao tratamento primário e secundário de esgoto sanitário e de forma descentralizada, em áreas urbanas onde o sistema de esgotamento sanitário público não chegará. Considerou-se o sistema de água e esgoto de Viamão gerido pela CORSAN, que forneceu dados e informações inerentes ao projeto hidráulico da rede coletora do sistema de esgotamento sanitário de Alvorada/Viamão, onde se insere o objeto de estudo. A bacia hidrossanitária onde se situa a microbacia de estudo, segundo a CORSAN (2018), é denominada como AF-15 e que possui uma população estimada para 2018 de 15.542 e uma projeção populacional para 2047 de 21.386 habitantes.

As informações inerentes à bacia hidrossanitária, AF-15, da CORSAN foram

fundamentais para a compilação e elaboração do Mapa final (ver Figura 4) denominado "Mapa das Áreas Selecionadas", em função de que se sobrepôs as informações da rede coletora do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) – com extensão de arquivos '.dwg', em AutoCAD - , e convertidos em shapefiles para inclusão no software de geoprocessamento, resultando num Mapa que contemplou áreas selecionadas e possíveis para se trabalhar a planificação de futura implantação de tratamento descentralizado alcançando áreas urbanas onde o SES público não poderá atingir.

A ferramenta de gestão utilizada foi o Diagrama de Ishikawa, que abordou de forma acessível a identificação de outras causas do problema/efeito indesejado. Nesse trabalho foram utilizadas informações consultadas ao longo do estudo junto a colaboradores da Corsan, profissionais do mercado e bibliografia, bem como dados coletados por meio de saídas de campo, onde se abordou de forma informal representantes de Associações de moradores locais. De posse desses dados e sua respectiva manipulação concebeu-se o resultado que foram as principais causas que geraram o conflito socioambiental/efeito indesejado. O resultado final foi a elaboração do Diagrama Espinha de Peixe apresentado nos resultados.

O objetivo da elaboração deste Diagrama de Ishikawa foi conhecer o principal motivo do problema indesejado, para que se pudessem sugerir ações mais assertivas aos tomadores de decisões e descobrir a melhor maneira de auxiliar a dirimir ou anular essa adversidade ambiental.

Os autores Calijuri e Cunha (2013); Vesilind e Morgan (2015) descreveram métodos de avaliação de impactos ambientais em suas publicações. Especificamente, para o auxílio na determinação das áreas aptas para a projeção de implantação de tratamento descentralizado de esgoto sanitário, trabalhou-se com a sobreposição de mapas. O uso dessa metodologia foi necessária para se dirimir o efeito da subjetividade trabalhada durante a elaboração do Diagrama de Ishikawa, complementando com a apresentação de mapas temáticos como resultados. A ferramenta de geoprocessamento também é considerada como um método de avaliação/análise de impactos ambientais de uma atividade/serviço/obra potencialmente poluidora, conforme abordam Calijuri e Cunha (2013).

A sobreposição de informações: Áreas de Preservação Permanente (APP), Declividade e o Projeto do SES previsto para Viamão pela CORSAN gerou o mapa de áreas aptas, Figura 2, para a definição de áreas adequadas para a implantação de tecnologia de tratamento de esgoto sanitário descentralizada.

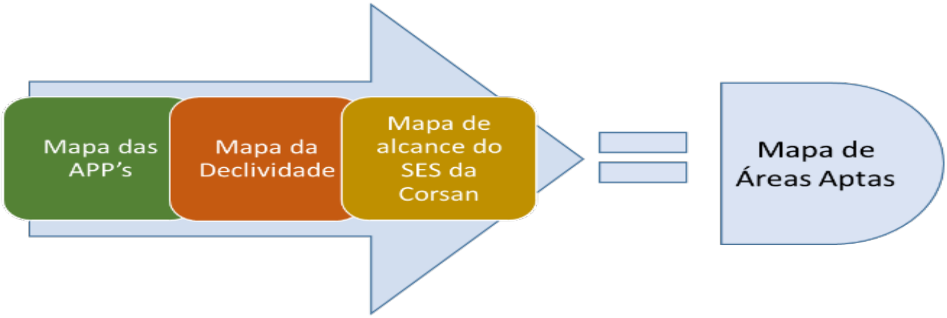


Figura 2 – Esquema de sobreposição de mapas.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

Após, por meio de saída de campo estimou-se um universo populacional para cada área, em função das economias residenciais existentes que pudessem ser previstas participarem do referido tratamento descentralizado. Portanto, a área apta deveria apresentar os seguintes critérios: Fora das faixas de APP; Ter declividade baixa entre 0-30%; Inexistência da rede coletora de esgoto sanitário e não prevista para instalação futura; Possuir escolas e associações de moradores locais nas proximidades. Este último item, converge com o que preconizam Kobiyama; Mota e Corseuil (2008), referente ao uso do método de Bacia-escola, no intuito de tornar a escola um centro local disseminador de conhecimentos sobre a hidrologia e desenvolvimento de tecnologias de baixo impacto, reforçando a participação da comunidade em termos de gerenciamento dos recursos hídricos e do saneamento ambiental local. Resultando, portanto na elaboração do Mapa de Áreas Selecionadas, Figura 4. Posteriormente à aplicação do Diagrama Espinha de Peixe definiu-se a alternativa do tratamento complementar apropriado considerando trabalhos como: Philippi e Sezerino (2004); Stefanakis, Akratos e Tsihrintzis (2014), bem como Crespo (2005), enfatizando sistemas de tratamento para pequenas comunidades; como Jordão e Pessoa (2005) e von Sperling (1996), podendo-se estimar o capital a ser investido para a instalação e operação do projeto de sistema de tratamento descentralizado-complementar com TS e WC.

3 | RESULTADOS

A resolução que pretendeu-se trazer à tona considerou soluções que pudessem prever a melhoria da qualidade das águas dos recursos hídricos urbanos, conforme estabelece a Lei das Águas e, recentemente, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS): 6 “Água potável e saneamento” e 11 “Cidades e comunidades sustentáveis”. A associação dessas ferramentas auxiliou na busca da identificação das causas que geravam/geram o efeito indesejado: poluição das águas dos cursos d’água urbanos locais. Escolheu-se a

solução para a causa prioritária identificada e se estimou sua precificação para possível implementação. Porém, a recomendação futura é que essa solução seja discutida pelos tomadores de decisão utilizando-se da ótica de coordenar uma visão integrada de gestão dos recursos hídricos, conforme estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos.

Em função de que a bacia da barragem Mãe D'Água possui contribuição de efluente sanitário do anel viário da UFRGS, cabe ressaltar que atualmente há projeto – a ser implementado nos próximos anos – inerente à coleta do esgoto bruto do anel viário pelo Campus do Vale da Ufrgs e seu transporte para o coletor do Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE) que, consequentemente, escoará o efluente sanitário para a ETE Serraria, na zona sul de Porto Alegre conforme informações da Superintendência de Infraestrutura (SUINFRA/UFRGS). Além disso, a Barragem tem aporte de quatro cursos d'água à montante, localizados no município de Viamão. Nestes cursos d'água ocorrem lançamentos clandestinos de esgoto bruto e descarte de resíduos sólidos urbanos como, por exemplo: entulho, latas de tintas, garrafas de vidros e de plásticos, restos de comidas, entre outros, conforme verificados em atividades de campo e registrados nesse estudo. As qualidades de suas águas, aparentemente, encontram-se comprometidas. Esses cursos d'água que se localizam à montante da barragem Mãe D'Água, no município de Viamão estão compreendidos pelos bairros: Passo do Sabão e Jardim Universitário. Consoante o estudo de IPH (2008), a bacia de captação da Barragem Mãe D'água está assentada precisamente no espaço denominado de Grande Vila Santa Isabel, composta atualmente por outras vilas, originalmente conhecida como Passo do Dorneles. A ocupação desordenada e o traçado das ruas não apresentam planejamento. São ocupadas inclusive áreas de risco nas encostas do morro Santana e às margens dos cursos d'água, com supressão de vegetação natural. Houve algum investimento em infraestrutura por parte dos loteadores ou Poder Público, porém, atualmente a comunidade sofre com a carência de serviços básicos, tais como, coleta de esgoto sanitário.

O principal efeito indesejado identificado também nas atividades de campo foi a "Poluição das águas superficiais da microbacia hidrográfica da barragem Mãe d'Água por lançamento irregular de esgoto sanitário residencial". Portanto, os componentes do Diagrama de Espinha de Peixe foram caracterizados como: Efeito; Eixo Central; Categorias relacionadas com o efeito; Subcausa, ou seja, as derivações de uma causa. Assim, encontrando a raiz do problema, Figura 3, pode-se entender o seu contexto numa visão sistêmica de ações que o geraram e sugerir soluções para dirimi-lo ou extingui-lo.



Figura 3 – Representação do Diagrama de Espinha de Peixe/Ishikawa.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

A análise de sobreposição de mapas realizou-se no intuito de espacializar potenciais áreas para a planificação de um tratamento descentralizado sustentado numa projeção de implementação de projeto-piloto de tratamento complementar de esgoto sanitário.

O fluxograma de sobreposição dos mapas descreveu a sequência de elaboração dos Mapas Temáticos com seus respectivos componentes, resultando no Mapa das áreas selecionadas potenciais hachuradas na Figura 4. Áreas selecionadas por meio de determinação de critérios, tais como: Proximidades com Escolas Pública ou Privada e de APP; Proximidade com associação de moradores locais; Área de baixa declividade; e Trecho paralelo à APP com ocupações irregulares onde o SES Integrado previsto não alcançará.

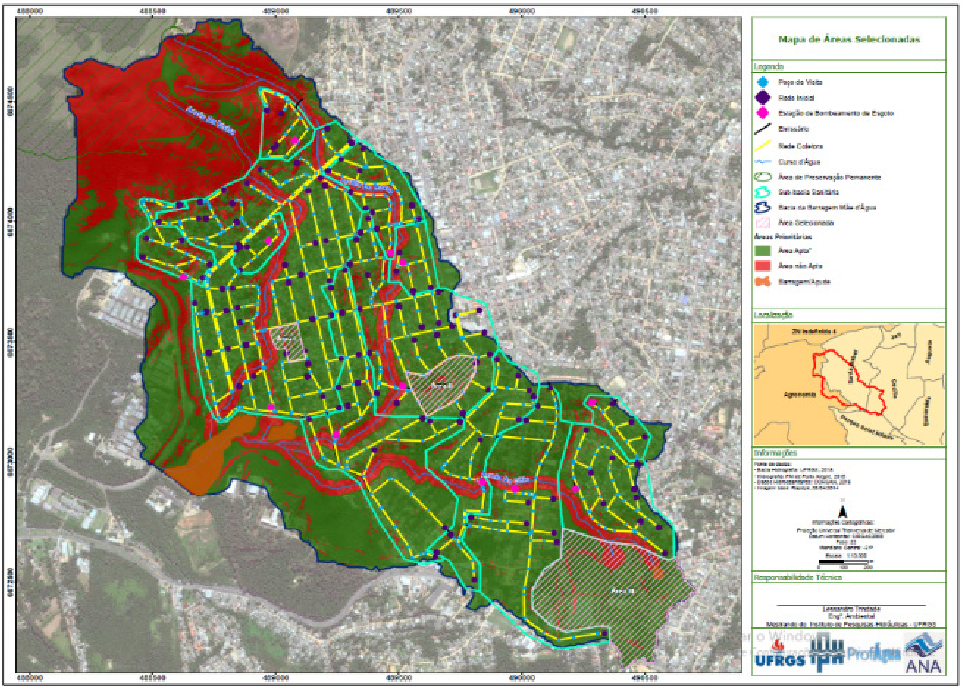


Figura 4 – Mapa das Áreas Selecionadas.

Fonte: Imagem de satélite, Zanandrea (2016) fornecido pela UFRGS. Mapa temático elaborado pelo Autor (2019).

O sistema integrado de tratamento descentralizado contendo TS e WCFV foi concebido para áreas desassistidas de rede coletora de esgoto sanitário público. Sendo área que atualmente não possui sistema integrado de esgotamento sanitário, sendo o efluente sanitário residencial lançado totalmente em curso d’água adjacente, descumprindo com o objetivo principal da PNRH e do Comitê de Bacia Hidrográfica, a busca pela melhor qualidade das águas dos cursos d’água de uma bacia hidrográfica. Para isso, se estudou o tratamento complementar de esgoto sanitário com a seguinte tipologia: WCFV, recebendo esgoto pré-tratado de TS. Sendo o segundo dimensionado conforme normas técnicas vigentes: NBR ABNT 7229:1993. Cabe salientar que, quanto a normatização dos WC, tal documento técnico formal de regramento ainda não existe no País, sendo discutido atualmente pelo Grupo de Estudos em Sistemas Wetlands Construídos (Wetlands Brasil[1]) no evento “4º Simpósio Brasileiro sobre Wetlands Construídos” em Belo Horizonte entre julho/agosto do corrente ano.

Esse estudo de caso permitiu que se fizesse uma estimativa do dimensionamento do Sistema de Tratamento Complementar contendo: TS e WCFV, contemplando as

1 Grupo de Estudos em Saneamento Descentralizado da UFSC. Disponível em: < http://gesad.ufsc.br/boletins/> Acesso em: 10 jul. 2019.

peculiaridades locais fundamentadas nas atividades de campo e nas análises dos mapas temáticos. A partir do dimensionamento permitiu-se elaborar estimativas de custos de implantação e de operação desse Sistema. Para o dimensionamento (Tabela 1) arbitrou-se somente para tratamento de efluente de esgoto sanitário residencial com TS e WCFV para dois cenários:

- Cenário A: dimensionamento para 01 unidade familiar com 04 pessoas;
- Cenário B: dimensionamento para 30 pessoas.

Dimensionamento			
CENÁRIOS	**TS (Qd 'Contribuição diária) (L/dia)**	**WCFV (Vazão média afluente aos wetlands) (m^3/d)**	**WCFV (Área superficial requerida) (m^2)**
A	400	0,4	16
B	3000	3	120

Tabela 1 – Resumo dados dimensionamento.

Fonte: Elaboração do Autor, 2019.

Trabalhou-se de forma estimada com o levantamento de custos de produtos e serviços consultados em empresas especializadas e órgãos públicos com dados orçamentários de componentes materiais específicos. Representou-se a estimativa de custo para a instalação das unidades de tratamento complementar e descentralizado: TS e WCFV. Utilizou-se o termo Custo, pois tecnicamente para fins contáveis, está ligado à aquisição de mercadorias e insumos para o funcionamento de determinada atividade (PADOVEZE, 2006).

Já para a operação, o capital necessário para manutenção/operacionalização/otimização de um projeto, levantaram-se as despesas operacionais relacionadas para o projeto de descentralização, considerando alguns critérios: coleta anual de lodo do TS; coleta trimestral e análise de amostras de efluente bruto e tratado; manutenção anual ou 2x ao ano das espécies vegetais (prazo que pode se alterar em função das plantas a serem selecionadas para o WCFV e da sazonalidade do Clima regional); limpeza das tubulações principais do WCFV por meio de jato, porém, com frequência de limpeza somente após início da operação, com provável frequência de limpeza/manutenção arbitrada nesse estudo a cada dois anos e verificação da eficiência do tratamento por intermédio de análises comparativas das coletas de efluente tratado com o bruto.

Portanto, a estimativa da precificação do projeto de tratamento descentralizado para: TS + WCFV está representada nos valores da Tabela 2.

Estimativas de da Precificação: TS + WCFV			
CENÁRIOS	**Custo Instalação (R$)**	**Custo Operação (R$)**	**TOTAL (R$)**
A	3.942,76	2.954,00	6.896,76
B	8.595,11	2.954,00	11.549,11

Tabela 2 – Resumo das estimativas de da Precificação: TS + WCFV.

Fonte: Elaboração do Autor, 2019.

Resultando no desenho esquemático conforme Figura 5.

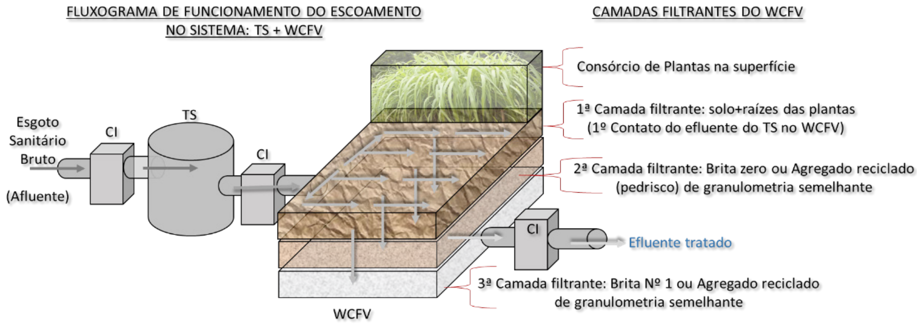


Figura 5 – Desenho esquemático do Fluxograma de funcionamento do escoamento do esgoto sanitário no Sistema: TS + WCFV. CI=Caixa de Inspeção.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

4 | CONCLUSÕES

A realização de um adequado projeto de estruturação desse Sistema Descentralizado: TS+WCFV deve contemplar as exigências normativas e da legislação ambiental pertinente. Salienta-se que a normatização técnica para a concepção e o dimensionamento de um WC está em fase de discussão em plenárias técnicas pelo País. Este estudo expôs algumas limitações para os recursos financeiros para a instalação e operação do referido tratamento descentralizado, em universos de 04 pessoas e 30 pessoas. Pois, estimou-se um valor para unidade familiar que se mostrou relativamente alto, se considerado os padrões médios de renda da população de baixa renda, que poderia ser prevista a instalação de tratamento complementar com TS, Filtro Anaeróbio e/ou Sumidouro. Porém, para o universo de 30 pessoas o sistema de tratamento descentralizado de esgoto sanitário se revelou viável porque o custo total de instalação e operação de um TS+WCFV estimado em R$11.549,11, ao ser diluído apresentou um valor de R$384,97/Pessoa. A partir deste quesito pode-se tomar a iniciativa de apresentação do projeto de descentralização aos stakeholders para

efetivar a implementação do projeto. Quanto ao aspecto físico do projeto-piloto os fatores limitantes para sua execução são o lençol freático raso e sua implantação em áreas de cotas de terreno baixas, onde pode haver alagamentos.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, J. C.; RIZZI, D.; PEREIRA, L.; VASCONCELOS, I. G. D.; PEDUTO, T. de A. G.; TRINDADE, L. M.; BECKER, V. C. S.; SOUZA, M. H. de; MADUREIRA, R. G. Proposta de Infraestrutura Verde e Azul para uma bacia urbana em São Paulo para redução de picos de cheia. In: SIMPÓSIO SOBRE SISTEMAS SUSTENTÁVEIS, 4., 2018. Porto Alegre, Anais ... Porto Alegre: ABRH, 2018.

CALIJURI, Maria do Carmo; CUNHA, Davi Gasparini Fernandes. Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologia e Gestão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. 789p.

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO. CORSAN. Estudos e projetos executivos para os sistemas de abastecimento de água e para os sistemas de esgotamento sanitário da CORSAN – Lote 1: Sistema de Esgotamento Sanitário Alvorada/Viamão. Porto Alegre: CORSAN. v. 3, Tomo 1, 254p. 2018.

CRESPO, Patricio, Gallego. Manual de projeto de estações de tratamento de esgotos. Belo Horizonte: ABES, 2005. 332p.

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS IPH (2008). Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica da barragem mãe d'água. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, elaborado por discentes da disciplina Gestão de Recursos Hídricos do Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas-IPH/UFRGS.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 4ª ed. Rio de Janeiro: SEGRAC, 2005. 932p.

KOBIYAMA, M.; MOTA, A. de A.; CORSEUIL, C. W. Recursos Hídricos e saneamento. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2008. 160p.

PADOVEZE, Clóvis Luís. Curso básico gerencial de custos. São Paulo: Pioneira Thomson Lerning, 2006. 410 p.

PHILIPPI, Luiz Sérgio; SEZERINO, Pablo Heleno. Aplicação de sistemas tipo wetlands no tratamento de águas residuárias: utilização de filtros plantados com macrófitas. Florianópolis: Edição do Autor, 2004. 144 p.

POLETO, Cristiano P. Alterações morfológicas em um canal fluvial urbano no contexto antrópico, social e ambiental: um estudo de caso. Acta Scientiarum. Tecnhology. Maringá, v. 33, n. 4, p. 357-364, 2011.

SEZERINO, Pablo Heleno; SANTOS, Mayara Oliveira dos; PELISSARI, Catiane; CELIS, Giovanna Sánchez; PHILIPPI, Luiz Sérgio. Wetlands construídos horizontais aplicados no tratamento descentralizado de esgotos. Revista Engenharia e Construção Civil, Curitiba, v. 2, n.2, p. 1-9, 2015.

STEFANAKIS, Alexandros; AKRATOS, Christos S.; TSIHRINTZIS, Vassilios A. Vertical Flow Constructed Wetlands: Eco-engineering Systems for Wastewater and Sludge Treatment. Oxford: Elsevier, Elsevier's Science & Technology Rights Department, 2014. 378p.

TRINDADE, Lessandro Morini; DREYER, Ana Lúcia Richter; MAGALHÃES, Ruane Fernandes de. Wetland como unidade de tratamento complementar de esgoto sanitário: uma proposta de formato orgânico. In: SIMPÓSIO SOBRE SISTEMAS SUSTENTÁVEIS, III, 2016. Porto Alegre, Anais ... Porto Alegre: ABRH, 2016.

TUCCI, Carlos E. M. Águas urbanas. Estudos Avançados. São Paulo, v. 22, n. 63, p 97-112, 2008.

UACDC. UNIVERSITY OF ARKANSAS COMMUNITY DESIGN CENTER. Low Impact Development: a design manual for urban areas. 29p, 2010. Disponível em: < http://uacdc.uark.edu/work/low-impact-development-a-design-manual-for-urban-areas. Acesso em: 08 jun. 2018.

UN-Habitat - Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos. Competências chaves para melhorar a governança local volume 3: conceitos e estratégias. UN-HABiTAT: Nairobi, 2005.

VESILIND, P. Aarne; MORGAN, Susan M. Introdução à Engenharia Ambiental. São Paulo: Cengage Learning, 2015. 438p.

von SPERLING, Marcos Von. Princípios básicos do tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 211 p.

von SPERLING, Marcos Von; SEZERINO, Pablo Heleno. Dimensionamento de wetlands construídos no Brasil. Documento de consenso entre pesquisadores e praticantes. Grupo de Estudos em Sistemas Wetlands Construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias. Edição Especial. Publicação online Boletim Wetlands Brasil, Dezembro/2018 – ISSN 2359-0548. Disponível em: < http://gesad.ufsc.br/files/2018/12/Boletim-Wetlands-Brasil-Edi%C3%A7%C3%A3o-Especial-Dimensionamento-de-Wetlands-Constru%C3%ADdos-no-Brasil-von-Sperling-Sezerino-2018-2.pdf >. Acesso em 14 dez. 2018.

CAPÍTULO 25

SIBOOST – A INOVAÇÃO NA METODOLOGIA DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA COM FOCO NA REGULARIDADE DOS EQUIPAMENTOS PRESSURIZADORES DURANTE AS SINGULARIDADES DAS CRISES HÍDRICAS E ENERGÉTICAS – CASE CARMELO BARONI UNIDADE DE NEGÓCIOS SUL – SABESP

Data de aceite: 01/04/2021
Data de submissão: 19/02/2021

Kleber dos Santos
Centro Universitário Estácio de Sá
Universidade Paulista - UNIP

Ricardo Barros Cunha
Faculdade de Engenharia São Paulo-FESP

Marco Antônio de Oliveira
Instituto Paulista de Ensino e Pesquisa-IPEP

Rogério de Castro Peres
Fatec Sorocaba

Anderson Cleiton Barbosa
Universidade de Mogi das Cruzes-UMC

Vagner Motta
Water Management – Brasil

RESUMO: Este trabalho foi desenvolvido na Região Metropolitana de São Paulo, o maior pólo de desenvolvimento econômico do Brasil, que tem como centro financeiro a cidade de São Paulo. Esta região caracteriza-se pela grande expansão populacional durante a década dos anos de 1970 e 1980, com a ocorrência de várias ocupações desordenadas. A região Sul, especificamente nas regiões mais vulneráveis caracterizam-se principalmente pelo crescimento acelerado e desordenado, que gerou durante as últimas décadas grandes esforços dos sistemas públicos de abastecimento na busca pela universalização. Uma opção célere utilizada para solucionar a falta de infraestrutura hidráulica é a implantação de um “Booster”, ou seja, um conjunto motobomba colocada diretamente na rede de distribuição com a função de diminuir as perdas de carga na tubulação. Com o risco de falta de água devido à crise hídrica nos anos de 2014 e 2015 e com o custo da energia elétrica chegando a níveis impagáveis, essas regiões vulneráveis voltaram a sofrer com as interferências ocasionadas pelas chamadas, gestões noturnas ficando sem o abastecimento e tendo seus custos mensais onerados ainda mais com o aumento na tarifa de energia elétrica. A alternativa proposta neste trabalho foi a inovação por meio da evolução desta solução padrão o booster outrora já implantada com sucesso, mas que agora necessitava de mais tecnologia para manter a regularidade operacional sem sofrer com estes impactos por meio da redução das pressões no sistema em horários pré-estabelecidos, chamadas de “gestões noturnas”. O SiBoost traz uma solução tecnológica de baixo custo, que reduz os custos com o consumo de energia elétrica e elimina todos problemas inerentes a nova forma de gestão do sistema de distribuição de água durante a crise hídrica.

PALAVRAS-CHAVE: SiBoost, Gerenciamento de Falta de Água, Gestão da Demanda, Booster, Controle de Perdas, Confiabilidade Eletromecânica, Disponibilidade Operacional, Carmelo Baroni.

SIBOOST – INNOVATION IN THE OPERATION METHODOLOGY OF THE WATER SUPPLY SYSTEM WITH A FOCUS ON THE REGULARITY OF PRESSURIZING EQUIPMENT DURING THE SINGULARITIES OF THE HYDRIC AND ENERGETIC CRISES – CASE CARMELO BARONI SOUTH BUSINESS UNIT – SABESP

ABSTRACT: This work was developed in the metropolitan region of São Paulo, the largest pole of economic development in Brazil, which has as financial center the city of São Paulo. This region is characterized by the large population expansion during the decade of 1970 and 1980, with the occurrence of several disorderlyoccupations. The South region, specifically in the most vulnerable regions, is characterizedmainly by accelerated and disorderly growth, which has generated during the last decades large efforts of the systems Sourcing in the search for universalization. A speedy option used to solve the lack of hydraulic infrastructure is the implantation of a “Booster”, that is, a pump set directly placed in the distribution network with the function of decreasing The load losses on the pipe. With the risk of water shortages due to the hydric crisis in the years 2014 and 2015 and with the cost of electricity reaching levels that are unpayable, these vulnerable regions have returned to suffer from the interferences caused by calls, management Night running out of supply and having their monthly costs burled even more with the increase in electricity tariff. The Alternative proposed in this work was the innovation through the evolution of this standard solution the booster once already implanted successfully, but that now needed more technology to maintain the regularity Without suffering from these impacts through the reduction of pressure in the system at pre-established times, called “nocturnal managements”. The SiBoost brings a low cost technological solution, which reduces the costs of electricity consumption and eliminates all problems inherent in the new form of management of the water distribution system during the crisis Water.
KEYWORDS: SiBoost, water shortage management, demand management, Booster, loss control, electromechanical reliability, operational availability, Carmelo Baroni.

INTRODUÇÃO

Denominada Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo a SABESP é uma empresa Pública de economia mista, Brasileira a Primeira empresa de saneamento e a única companhia listada na NYSE *(Bolsa de Valores de Nova Yorque)* e a participar do Novo Mercado da Bovespa. Criada em 1973 a SABESP nasceu da fusão das seis empresas que operavam o Sistema de saneamento no Estado de São Paulo. Em 1995, como resultado de um audacioso projeto de modernização, caracterizado pela descentralização das atividades e profissionalização dos empregados, foram criadas 16 unidades de negócios, atuando com base nas bacias hidrográficas e vinculadas a uma alta administração. Cada Unidade de Negócios é gerida como um núcleo independente de resultados sociais e econômicos financeiros. [1].

A SABESP atua como concessionária na prestação de serviços de saneamento básico e ambiental a municípios. Está presente em 368 municípios de São Paulo fornecendo água para 27,9 milhões de pessoas e coleta de esgoto gerado por 21,6 milhões

de pessoas. Sendo assim, a SABESP atende aproximadamente 66% da população urbana do Estado de São Paulo. A Unidade de Negócios Sul - MS atua com distribuição de água, coleta de esgotos e execução de serviços ao cliente em 08 desses 368 municípios, sendo eles: Diadema, Embu das Artes, Embu Guaçu, Itapecerica da Serra, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, São Bernardo do Campo e zona sul de São Paulo. A MS é responsável pela distribuição de 11,85/m³ de água tratada para aproximadamente 5 milhões de pessoas e pelo índice de atendimento de esgoto que, em 2017, atingiu 88,7. Possui 1.190.906 ligações de água e 949.840 ligações de esgoto. No ano de 2017, a receita operacional liquida da MS foi de 1.751.611,00, representando 12% da receita operacional liquida da SABESP. A força de trabalho representa 6,6% do total da SABESP.



Figura 1: Área de atuação Sabesp Unidade de Negócios - Sul - 2018

Dentro da MS existem sub níveis de gestão MS, Departamento de Engenharia Sul – MSE e a Divisão eletromecânica Sul - MSEL responsável pelo desenvolvimento desta pratica. [1].

O grande desafio do departamento de engenharia é alcançar o estado da arte na eficiência operacional, devendo estar atento aos principais obstáculos à melhoria da eficiência ou à recuperação da súbita perda de eficiência. Os principais obstáculos enfrentados nos últimos anos de 2014 a 2016 foram as crises de abastecimento de água e de energia, sendo agravado pelo o crescimento vegetativo da cidade de São Paulo que é cerca de 0,57% por Ano, além de metas para reduzir as despesas [2].

Já é sabido que existem vários fatores determinantes para a variação e incremento de falta de água para as empresas do setor, entre elas temos as péssimas condições de crescimento das cidades e conglomerados urbanos, por vezes de maneira desordenada.

A variável de controle são os fatores sazonais. Em períodos mais quentes e secos, há incremento consistente de volumes consumidos pelos clientes, conforme pesquisas realizadas e estudos que apresentam picos horários que elevam o consumo médio diário em até 80%. Esse fato demanda a necessidade de flexibilidade e elasticidade na oferta de água potável dos sistemas públicos e na etapa do ciclo de saneamento de distribuição de água, o que facilmente justifica a implantação de booster a fim de solucionar estas situações [4].



Figura 02: Ciclo do saneamento

Outros desafios podem estar ligados a fatores nunca antes vistos e estudados como a sazonalidade da precipitação das chuvas que se instaurou sob o nome de **crise hídrica**, e se tornou a maior estiagem já vista na cidade de são Paulo se transformando no maior desafio desta metrópole, e consequentemente uma grande oportunidade para os sanitaristas desenvolverem soluções.



Imagem 01: Arquivo Sabesp Represas Sistema Cantareira durante a crise hídrica de 2015.

METODOLOGIA UTILIZADA

Com a contínua gestão da operação do sistema e por meio de indicadores com tendências desfavoráveis [3], ou mesmo com registros históricos de não capabilidade de

processos, acrescidos a refinamento e práticas do estado da arte em abastecimento de água surgiu a oportunidade de inovação do equipamento chamado Booster Padrão.

Esta solução, consiste na implantação de uma bomba hidráulica colocada diretamente na rede de distribuição, com o intuito de diminuir a perda de carga ao longo do sistema, principalmente em áreas com crescimento desordenado e condições topográficas mais complexas.

Abaixo uma tabela 1 síntese de causas de faltas de água para os clientes, dentro das etapas do ciclo de saneamento básico por motivos estruturantes, que servem como a principal entrada da Perspectiva de Processo Interno, no Objetivo Estratégico do Mapa Operacional da Corporação – BSC vistos abaixo. Esta tabela serviu como base para construção da matriz SWOT (Strenghts-Forças, Weakness-Fraquezas, Opportunities-Oportunidades e Threats-Ameaças) e foi utilizada na etapa de Formulação de Estratégias do Processo de Planejamento figura 2:

Faltas de Água por baixa eficiência operacional							
Etapalização	Captação		Adução	Tratamento	Adução	Reservatórios	Distribuição
Fatores	Superficial	Subterrânea	A. Bruta	Bombeamento	A. Tratada	Setorias e ZA's	de A. Tratada
Porte da FAG	Grande	Total	Grande	Grande	Médio	Regional	Local
Previsibilidade de ação preventiva	alta	média	alta	alta	média	alta	baixa
Adminsional de chamados de FAG	2	{25}	1 {0}	5 {20}	5 {0}	7 {5}	80 {50}
Motivos	Hidrológicos	Hidrológicos	Manutenção	Fisicoquimicos	Manutenção	Controle Operacional	Manutenção
	FEE	FEE		FEE		FEE	Infra estrutura
							Gerenciamento de Pressão
							FEE
Soluções	Ortodoxas	Ortodoxas	Ortodoxas	Ortodoxas	Ortodoxas	Ortodoxais/Paradoxais	Paradoxais/Ortodoxais

Obs.: FEE – Falta de Energia Elétrica

Tabela 01

Fonte: Unidade de Engenharia de Água, desenvolvimento de Sistemas de Abastecimento de Água e

O Projeto SIBOOST nasceu da iniciativa da SABESP – MS, com o objetivo de aumentar significativamente a qualidade dos serviços executados pelos equipamentos de bombeamento, com a introdução de soluções inovadoras e aperfeiçoamento de práticas existentes no mercado. Em suma trata-se da busca por soluções inovadoras, ou já existentes no Mercado. Diagnósticos feitos por meio de análises críticas, sugeriram um planejamento operacional para tratamento de indicadores tanto direcionadores, como de resultados e dentre as principais etapas adotadas no planejamento temos: Descrição do sistema reservação e distribuição; Apuração dos elementos demográficos e de demandas; Cálculo das vazões e Cálculo da estimativa de redução no consumo de energia elétrica. Nesses últimos não foram calculadas as perdas a serem recuperada no setor.

A síntese de reclamações de faltas de água em áreas já consolidadas e

universalizadas estão ligadas diretamente aos manejos necessários para a nova forma de gestão da operação do sistema de distribuição de água a partir da crise.

As chamadas gestão de demandas estão baseadas na redução na pressão do sistema para os clientes, reduzindo os números de perdas reais que estão diretamente ligados a pressão no sistema e consequentemente ao consumo final [5],

A adoção deste novo modelo de operação, com a constante variação das pressões no sistema, reflete significativamente na sazonalidade de funcionamento dos equipamentos, levando a ocorrência de quebras nos mesmos.

DIAGNÓSTICO DO PROBLEMA

Os setores a serem trabalhados foram identificados pelos Centros de Monitoramento de Equipamentos da Operação, onde as informações de desempenho das diversas áreas controladas são recebidas, passando por triagem e análise. Posteriormente seguindo fluxo de tratamento de acordo com o processo envolvido e são retroalimentadas diariamente pelo próprio monitoramento.

Através dessa prática são elaborados relatórios gerenciais e operacionais (diário, semanal e mensal) que dão subsídio às tomadas de decisão das lideranças.

O Subsetor estudado e utilizado como piloto, case Chama-se Carmelo Barone, e faz parte do setor de abastecimento Ouro Fino. Este booster foi um dos locais que mais sofreram com as variações de pressão devido as ações durante a crise hídrica como veremos a seguir. Abaixo segue tabela 02 sínteses das ocorrências no setor do booster Carmelo Barone onde houve 17 ocorrências com parada no abastecimento em 2017 que geraram falta de água ou pouca pressão, sendo verificadas diversas reclamações dos clientes [8].

Municipio/UGR	Motivo	descr. Ocor.	Econo	Equipamento	Data
RIBEIRAO PIRES-BILLINGS	MANUTENCAO	RUIDO ANORMAL	13325	BOOSTER CARMELO BARONI	27/01/2017 15:28
RIBEIRAO PIRES-BILLINGS	MANUTENCAO	DESLIGAMENTO ANORMAL	9964	BOOSTER CARMELO BARONI	06/03/2017 07:45
RIBEIRAO PIRES-BILLINGS	MANUTENCAO	DESARME INDEVIDO	1587	BOOSTER CARMELO BARONI	24/03/2017 10:51
RIBEIRAO PIRES-BILLINGS	MANUTENCAO	FALHA INVERSOR	2228	BOOSTER CARMELO BARONI	30/04/2017 11:03
RIBEIRAO PIRES-BILLINGS	MANUTENCAO	NÃO REARMA	13325	BOOSTER CARMELO BARONI	18/06/2017 17:12
RIBEIRAO PIRES-BILLINGS	MANUTENCAO	BAIXO RENDIMENTO	13325	BOOSTER CARMELO BARONI	21/06/2017 11:23
RIBEIRAO PIRES-BILLINGS	MANUTENCAO	NÃO REARMA	9964	BOOSTER CARMELO BARONI	09/07/2017 09:10
RIBEIRAO PIRES-BILLINGS	MANUTENCAO	NÃO REARMA	13325	BOOSTER CARMELO BARONI	14/09/2017 13:37
RIBEIRAO PIRES-BILLINGS	MANUTENCAO	NÃO REARMA	13325	BOOSTER CARMELO BARONI	08/10/2017 10:15
RIBEIRAO PIRES-BILLINGS	MANUTENCAO	NÃO REARMA	13325	BOOSTER CARMELO BARONI	07/11/2017 10:16
RIBEIRAO PIRES-BILLINGS	MANUTENCAO	RUIDO ANORMAL	13325	BOOSTER CARMELO BARONI	12/11/2017 11:09
RIBEIRAO PIRES-BILLINGS	MANUTENCAO	NÃO REARMA	13325	BOOSTER CARMELO BARONI	14/11/2017 14:45
RIBEIRAO PIRES-BILLINGS	MANUTENCAO	TROCAR BOMBA	13325	BOOSTER CARMELO BARONI	13/12/2017 11:29
RIBEIRAO PIRES-BILLINGS	MANUTENCAO	FREQUENCIA BAIXA	13325	BOOSTER CARMELO BARONI	18/12/2017 09:28
RIBEIRAO PIRES-BILLINGS	MANUTENCAO	NÃO REARMA	13325	BOOSTER CARMELO BARONI	22/12/2017 09:14
RIBEIRAO PIRES-BILLINGS	MANUTENCAO	NÃO ATENDE PT CRITICO	13325	BOOSTER CARMELO BARONI	23/12/2017 09:03
RIBEIRAO PIRES-BILLINGS	MANUTENCAO	NÃO ATENDE PT CRITICO	13325	BOOSTER CARMELO BARONI	24/12/2017 09:39

Tabela 02: Solicitações de Manutenção em Booster Carmelo Baroni 2017

Fonte Sistema Gerenciamento da Distribuição

Todo setor de abastecimento fornece os mesmos dados básicos para dimensionamento e definição de qual o melhor equipamento a ser aplicado, as informações relevantes sempre são: Vazão; Pressão; Área; Disponibilidade de energia; Cota Ponto Crítico. Dentre todas essas informações o único dado que varia frequentemente ao longo do dia de acordo com o consumo e uso dos clientes é a vazão, através da variação da vazão pelo consumo se altera todo o comportamento do sistema e baseado nela os equipamentos eletromecânicos são calculados com certa flexibilidade.

Ao longo do dia podemos encontrar três condições distintas de vazões:

- Condição de máxima vazão;
- Condição de média vazão;
- Condição de mínima vazão.

Geralmente dimensiona-se apenas um equipamento que trabalha em serie com a linha de distribuição em uma faixa muito restrita que chamamos de ***média***, ou seja, quando a condição do setor apresenta expressivos picos de aumento e ou redução de vazão, caracterizando as seguintes condições:

- Na Vazão máxima temos – Subpressão no sistema e falta de água por insuficiência;
- Na Vazão mínima - se ter sobre pressão no Sistema e consequentemente vazamentos.

Entre os picos de vazão máxima temos pouca pressão e falta de água e na baixa vazão temos sobre pressão que pode causar vazamento com perda de água do sistema, ou seja, em ambos os casos a situação é a pior possível, Outro fato relevante é o aumento de consumo de energia devido ao motor não operar em sua faixa de rendimento ideal. Como verificamos no gráfico abaixo de pressão no ponto crítico.

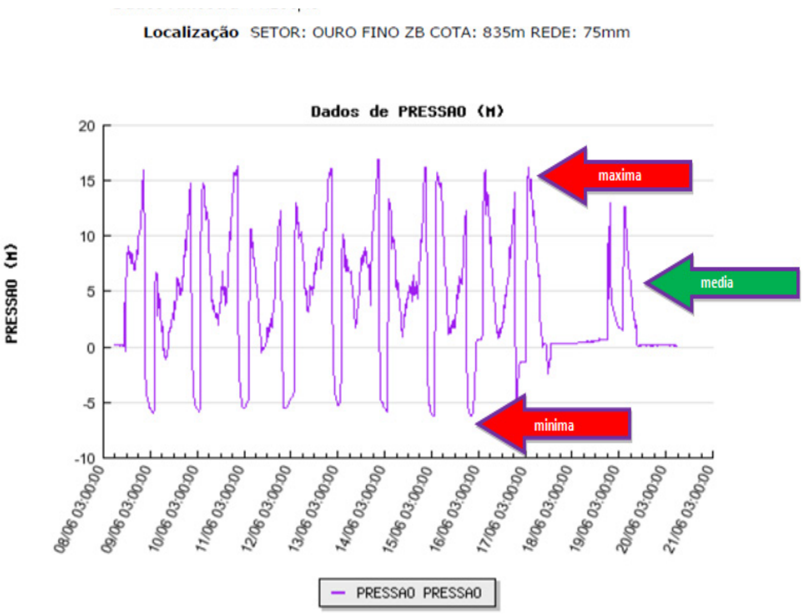


Gráfico 01: Analise de dados pressão ponto crítico

Fonte logger pressão do autor

Observamos a seta (Em vermelho) no ponto de máxima pressão com 15 mca de pressão, a seta indicando a pressão ideal (Em verde) que deveria ser a mínima do sistema para abastecimento e a seta (Em vermelho) que indica a menor pressão ou a pior condição de abastecimento, onde se chega a ter pressões negativas (vácuo) de menos -5mca (Metros de Coluna de Água), ou seja, admissão de ar na linha. O ideal é mantermos uma pressão constante mínima de 10 mca.

Toda essa situação acontece devido a ***variação das pressões na sucção*** indicadas no gráfico abaixo, os equipamentos instalados são muito sensíveis a estas variações pelo simples fato de terem sua geometria baseado em bombas do tipo centrifuga radial, ou seja, a variação da pressão na sucção faz com que o equipamento module a pressão de recalque de modo que ela seja acrescida a sua capacidade de bombeamento, porém quando essa pressão cai a níveis inferiores ao dimensionado, considerado como mínimo admissível o efeito é inverso reduzindo a pressão afetando o abastecimento. Todo o equipamento de bombeamento precisa ter o que chamamos de NPSH, a sigla vem da expressão Net Positive Suction Head, ou seja, precisa de uma pressão mínima para executar o trabalho de bombeamento e está relacionada as perdas de carga nas tubulações de sucção antes de entrar na bomba. Geralmente e em épocas anteriores as condições de instalação eram mais favoráveis e estas pressões sempre atendiam com sobra, de forma que era possível se fazer este aproveitamento de carga residual.

Como já dissertamos anteriormente novas práticas de gestão das pressões baseadas na redução das perdas atingiram diretamente estes equipamentos, que passaram a trabalhar de forma descontrolada, fora de sua curva de trabalho.

No caso do nosso equipamento deveria ser mantida uma pressão mínima de sucção de 30 mca em regime dinâmico, que não ocorre como podem ver no gráfico.

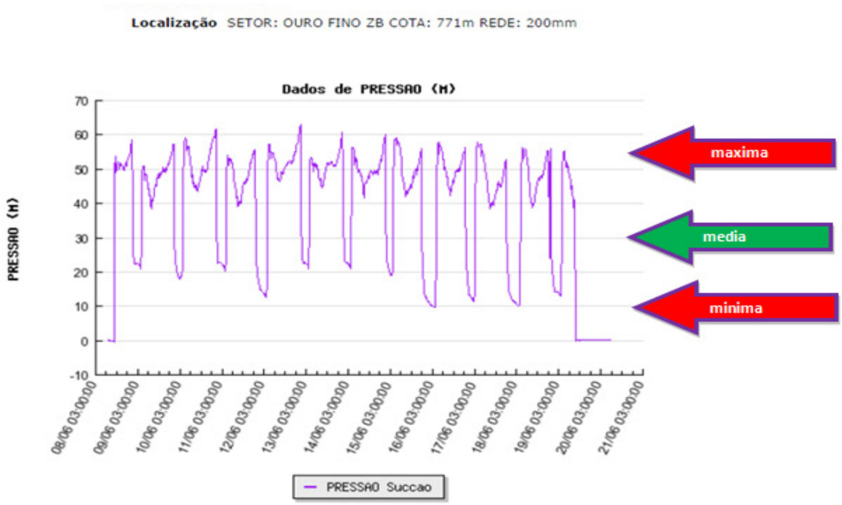


Gráfico 02: Analise de dados pressão sucção

Fonte logger pressão do autor.

No gráfico acima as pressões de entrada no equipamento variam entre 10mca e 60mca devido as gestões de demanda, uma situação impossível de ser corrigida por apenas um equipamento é impossível absorver um range de variação de +/- 50mca apenas variando a frequência elétrica e mantendo a mesma geometria hidráulica da bomba.

No gráfico a seguir vemos o comportamento na saída do equipamento que varia suas pressões na mesma proporção que a pressão de sucção varia. Elas são diretamente proporcionais, no caso do nosso equipamento deveria ser mantida uma pressão mínima de 95 mca em regime dinâmico.

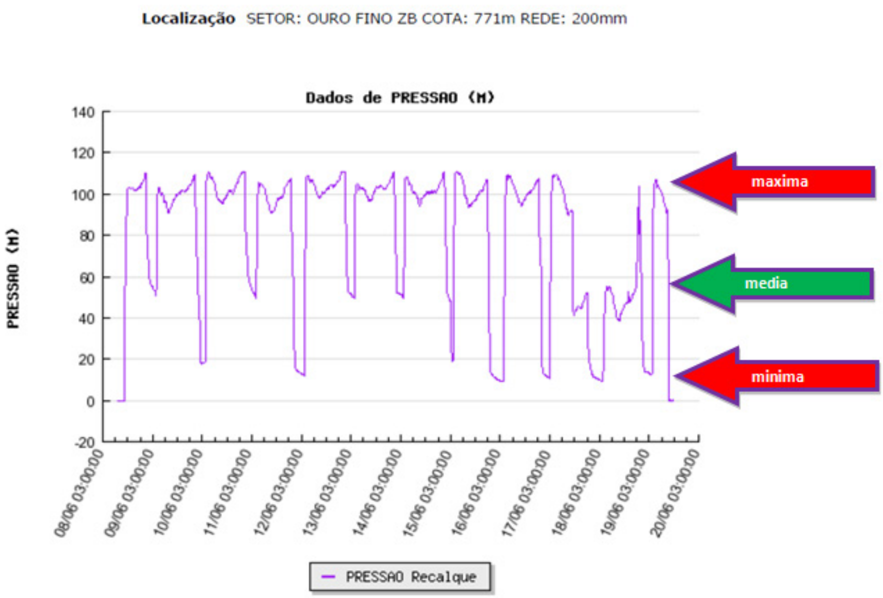


Gráfico 3: Análise de dados pressão recalque

Fonte logger pressão do autor

Como demonstrado no gráfico às pressões variam entre 50mca e 100mca, desta forma podemos verificar porque a pressão do ponto crítico no gráfico 01 não se mantem estável. Motivo das reclamações e desabastecimentos.

IMPLEMENTAÇÃO DA SOLUÇÃO

Não havia no mercado uma solução pronta e completa que se adaptasse as demandas descritas anteriormente. Isso nos levou a visitar as feiras do setor de saneamento como a FENASAN – Feira Nacional de Saneamento e os congressos da ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção, com a troca de experiência e benchmarking conseguimos identificar os elementos mecânicos necessários para a montagem de um conjunto que nos atendesse de forma plena.

Já existia uma solução que tinha grande potencial para atendimento da nossa demanda, porem ela só era utilizada em sistemas de Apartamentos, Edifícios comerciais, Condomínios de casas, Hotéis, Hospitais, Arenas esportivas, Escolas ou pequenos sistemas de Irrigação. Tratava-se de uma solução que não se focava na área de saneamento e não se imaginava que esta ideia poderia ser perfeitamente aplicada em sistema de distribuição de água públicos. Fizemos uso desta tecnologia e a adaptamos as nossas reais necessidade inovando na adaptação e agregando melhorias.

Em locais densamente povoadas, o transporte de água encontra-se frequentemente

associada a riscos de fuga, esta situação acarreta elevados custos de operação que através de uma interface de comunicação auxilia na detecção destas fugas, como perda de pressão, aumento de pressão e aumento de vazão. A nossa proposta com a implantação do SiBoost reduziu drasticamente o consumo total energético, graças a componentes de excelência (sistema hidráulico e motores) unido com um aparelho de distribuição eficiente, O SiBoost sistema de pressurização de água é altamente eficiente, pronto para conexão com o sistema pode ser montado com 2 a 4 bombas centrífugas em uma plataforma de aço inoxidável de alta pressão ligadas em paralelo e na vertical, dispondo cada bomba de um conversor de frequência altamente eficiente. As ligações e os sensores estão protegidos para garantir uma instalação segura e confiável.

O Abastecimento de água é totalmente automático pelo sistema e o aumento de pressão no modo de entrada, na alimentação a partir da rede pública não interfere nos parâmetros de funcionamento uma vez que é necessário apenas o NPSH requerido pela bomba. Os motores são de alta eficiência com controle de velocidade de variação infinita através do conversor de frequência em cada uma das bombas, frequentemente alimentado pelos sensores de transmissão de pressão.

A implementação da solução SiBoost no setor de abastecimento Ouro Fino, foi proposta de acordo com as premissas estabelecidas no planejamento para tratamento de indicadores de falta de água através dos controles de pressão no Sistema e contou com 3 pilares principais, de ações heterodoxas de engenharia que foram:

incorporar à operação toda a infraestrutura nova e comissionamentos necessários com toda a automação requerida;

O segundo pilar foi o levantamento de áreas periféricas com maiores incidências de FAG, por insuficiência de água devido à gestão de demandas o mesmo que paradoxalmente a custos desfavoráveis ao concessionário;

O terceiro pilar de maior tecnicidade e detalhado nesta prática de melhoria de gestão, foi a implantação do SIBOOST como uma solução completa.

A concepção do projeto consiste em um sistema de bombas centrifugas de múltiplo estagio axial, com sistema de automação acoplada funcionando em paralelo compensando todas as sazonalidades e variações do sistema entregando exatamente a pressão solicitada em normas técnicas. As bombas funcionam em sistema on/off de acordo com a demanda e assim temos grande flexibilidade de atendimento das curvas de vazão.

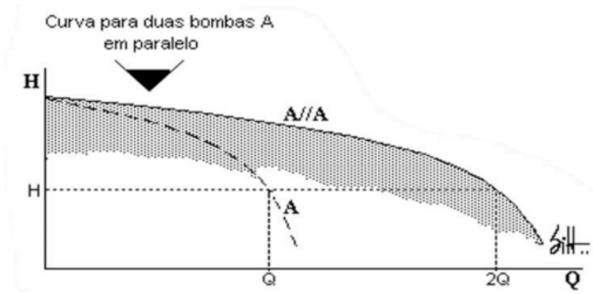


Figura 3: Demonstra o tipo de curva de bomba

Basicamente desligando uma ou mais bombas ao longo do dia acompanhando a variabilidade do Sistema, alcançamos uma eficiência maior quando comparado com a redução através de variadores de frequência, ou seja, desligar uma bomba é mais eficiente do que reduzir sua velocidade, de maneira geral aproveitamos todo o rendimento elétrico com os variadores e ainda todo o rendimento hidráulico com o desligando dos conjuntos motobombas. Desta forma economizamos sempre a maior parcela de potência possível. Este novo sistema substitui o antigo Booster Padrão, que deixou de ser efetivo no seu trabalho.

Foi montada uma equipe multidisciplinar contendo como participantes fixos três engenheiros (Mecânico, Elétrico e Civil), participaram os encarregados de manutenção eletromecânica com conhecimento de todas as premissas de Confiabilidade Operacional e finalizando o grupo um especialista em Controle de Perdas e abastecimento de sistemas. Desta forma o equipamento estaria na fronteira tecnológica de equipamento operacional.

Foram incluídos no trabalho instrumentos de controle e eficiência operacional, com medições eletrônicas e automatizadas de vazão e pressão. O grupo foi coordenado pelo engenheiro mecânico, visto que a competência básica de um booster é uma solução hidráulica de cadeira da engenharia mecânica.



Imagem 02, 03 e 04 - Sistema de Bombeamento antes e Depois de implantado

Fonte do autor

A figura demonstra abaixo simplicidade de interface do sistema e a disposição da montagem do conjunto que é muito mais compacto, tecnológico e com materiais adequados a nova geometria de plug and play além das características especiais/vantagens do produto

Sistema robusto com bombas centrífugas de alta pressão em aço inoxidável com conversor de frequência integrado;

Grande largura de banda de controle desproporcional de 25 Hz a 60 Hz no máximo;

Instalação completa com optimização de perdas de pressão;

Sistema integrado de deteção de funcionamento a seco com desconexão automática através do sistema eletrónico de controle do motor;

Máxima qualidade de controlo graças ao aparelho de controlo SCe utilizado, com mostrador LCD, fácil navegação e regulação por botão rotativo;



Imagem 5: Sistema de Automação e Disposição das bombas em sistema plug and play

O cronograma de implantação seguiu as seguintes etapas:

	Etapas de concepção e os períodos
1	Compilação dos dados de manutenção PCM – Responsáveis Técnicos e Auxiliares; Jan. a Dez./2017;
2	Discussão em analise critica setorial Eletromecânica – Responsável Grupo Multidisciplinar Gerente, Engenheiros, Encarregados Técnicos, Mecânicos e Eletricistas; Maio./2017;
3	Discussão Aprovação do Plano de Ação no fórum departamento – Responsável Representante do Grupo de Discussão do Fórum Gerente ou Engenheiro; Jun./2017;
4	Busca de soluções de Mercado feiras e Workshop – Responsáveis Engenheiros, Encarregados Técnicos, Mecânicos e Eletricistas; Jul. e Set./2017;
5	Adaptações da Solução as instalações existentes – Engenheiro elétrico, Engenheiros Mecânico, Engenheiro Civil, Encarregados, Técnico Mecânico, Técnico Elétrico, Mecânicos e Eletricistas; Set./2017 a Fev/2018;
6	Reserva de Recursos para a implantação – Responsáveis Técnicos Administrativos e Gerente; Set./2017;
7	Licitação dos equipamentos - Responsável Pregoeiro e Analistas; Out./2017;
8	Entrega e Recebimento – Almoxarifes; Nov./2017.

9	Implantação - Responsáveis Engenheiros, Encarregados, Técnicos, Mecânicos e Eletricistas; Fev./2018;
10	Operação Monitoramento - Responsável Unidade de Gerenciamento Regional e Operação; Fev./2018;
11	Manutenção Corretiva, Preventiva – Responsável Unidade de Eletromecânica; Fev./2018;
12	Acompanhamento de Resultados Preliminares– Célula de Gestão energia Eletromecânica; Fev./2018 a Jan./2019;
13	Acompanhamento de Resultados Finais e Ocorrências de Manutenção – Célula de Gestão energia Eletromecânica; Fev./2018 a Jan./2019.



Figura 4: Imagens da montagem do sistema

Fonte do autor

Os custos aproximados de implantação do projeto piloto foram:

1 – Sistema de Pressurização R$60.000,00;

2 – Custos com materiais acessórios R$ 10.000,00;

3 – Custos com mão de obra aplicada R$ 15.000,00;

Total de despesas R$85.000,00 reais.

A previsão de retorno do investimento é de aproximadamente 4 anos, levando se em consideração apenas a redução do consumo energético, o aumento na demanda reprimida e a redução da despesa de manutenção que era de R$850,00 por manutenção corretiva.

Os resultados alcançados foram verificados imediatamente após a implantação, com a regularidade das pressões no sistema que agora se verifica variações máximas de 2 MCA (metro de coluna de água). O sistema não tem mais o efeito “sanfona” que aumenta e diminui as pressões causando fadiga no material das redes e do sistema do bombeamento. O equipamento não sofre com as variações de pressão devido a gestão de demandas, não tem variações na pressão de recalque reflexo das variações de pressão de sucção.

O sistema funciona com as bombas variando pelo inversor e se o sistema entende que não é mais necessário se manter ligada ele desliga automaticamente economizando energia nos horários de menos vazão do sistema. Inteligente totalmente automatizado e com interface homem maquina simplificada. O sistema não precisa de interferência do operador, ajudando a acabar com a incidência de falta de água e por último não tendo nenhuma solicitação de manutenção no equipamento.

RESULTADOS OBTIDOS

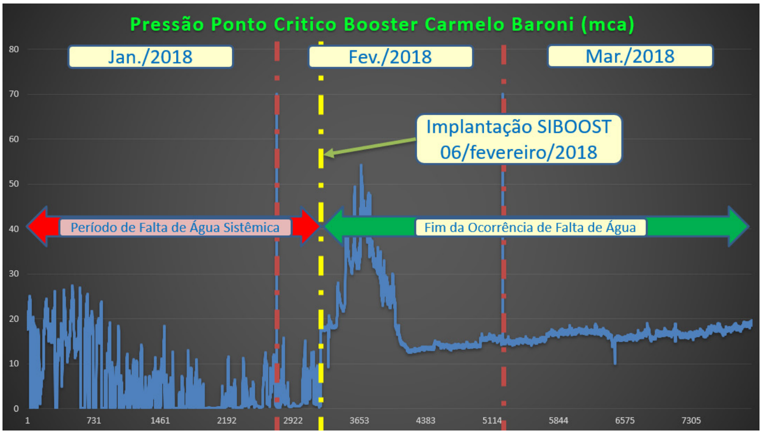


Figura 8: Regularidade do Sistema Abastecimento

Fonte Sistema Scorpions

Na figura acima verificamos a variabilidade do sistema antes das ações e logo após a implantação vemos que imediatamente o sistema manteve a pressurização. Automaticamente obtivemos o abastecimento nas residências desabastecidas, e satisfação das pessoas que ficaram longos períodos sem o abastecimento diurno devido à crise hídrica e as gestões noturnas.

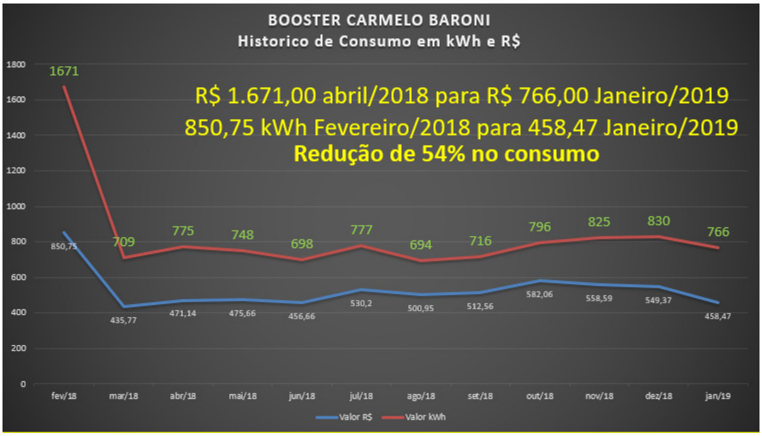


Figura 9: Redução consumo energia elétrica

Fonte AES Eletropaulo

Na figura acima verificamos a queda abrupta do consumo de energia e da despesa operacional com energia elétrica e o rendimento mecânico chega a 80% de eficiência.

Abaixo segue outros resultados relevantes:

Redução na conta de energia em reais R$ de 46% na conta;

Redução no consumo de energia em kW de 54% na conta;

Redução do ruído mais conforto para mecânicos e população vizinha;

Redução no número de chamados Quebra Zero em 14 meses de implantação;

Atendimento pleno do abastecimento zero falta de água por quebra do equipamento;

Possibilidade de crescimento do setor sem necessidade de nova instalação;

Sistema de bombeamento com equipamento reserva.

CONCLUSÕES

O projeto SIBOOST – A inovação na metodologia de operação do sistema de abastecimento de água com foco na regularidade dos equipamentos pressurizadores durante as singularidades das crises hídricas e energética foi um desenvolvimento tecnológico incremental e de inovação em processos. De acordo com os resultados apresentados no estudo de caso, a implantação deste projeto possibilitou a solução dos problemas de manutenção dos equipamentos, reduzindo custos de manutenção e custos com energia elétrica, acabando com as reclamações de falta de água e mantendo a regularidade operacional do equipamento. Após a implantação e sucesso deste projeto piloto a prática apresentada foi incorporada como novo modelo de padronização de equipamentos operacionais, hoje o equipamento faz parte das práticas desenvolvidas dentro da unidade de negócios Sul, que visam a integração das diversas modalidades de atividades técnicas como as práticas de gestão e inovação em processos de projetos e de execução. Trabalhamos em conjunto com diversas áreas corporativas da companhia que posteriormente, mesmo que parcialmente, foi aproveitada pela Superintendência como a padronização de equipamentos operacionais para novos empreendimentos e estão em implantação mais 20 equipamentos só na unidade Sul.

REFERÊNCIAS

RG - Relatório de Gestão - PNQ - 2018, SABESP, Unidade de Negócio SUL - MS, Elaborado no âmbito do Prêmio Nacional da Qualidade PNQ, Avaliador FNQ – Fundação Nacional de Qualidade, 2018.

IBGE - Relatório de Estimativas da População Residente para os Municípios e para as Unidades da Federação Brasileiros – Referência 1º de Julho de 2017, IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e estatística, 2017.

COP - Relatório do Controle on line de Perdas, SABESP, Unidade de Negócio SUL - MS, Elaborado no âmbito do Prêmio Nacional da Qualidade PNQ, 2017.

AZEVEDO NETTO, J.M.; FERNANDEZ Y FERNANDEZ, M.; ARAUJO, R.; ITO, A.E. Manual de hidráulica. 8. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998. 669 p.

CETRE do Brasil LTDA. Apostila do Curso de Detecção de Vazamentos Não Visíveis – Métodos Acústicos. 2003. 154p.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. Abastecimento de água. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da USP, São Paulo - SP. 2006. 643p.

Documentos Técnicos de Apoio – DTAs elaborados no âmbito do PNCDA (Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água). Ministério do Planejamento e Orçamento – Secretaria de Política Urbana, 1998.

BRAIDOTTI Junior, Jose Wagner, A Falha não é uma opção – 2º Edição Revisada e Ampliada p.21-45, Rio de Janeiro, Editora Moderna Ltda.,2016.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas – Utilização das Normas Técnicas NBR 12.214/1992, NBR 12.218/1994

Sites Consultados

http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=sp

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm

https://portal-intranet.ti.sabesp.com.br

http://10.7.41.153/comercial/relatorio/relatorio_ac.asp

CAPÍTULO 26

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO DE UM TELHADO VERDE SUBMETIDO AS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE

Data de aceite: 01/04/2021
Data de submissão: 26/01/2021

Camila Barrêtto Rique de Barros
Universidade de Pernambuco
Recife – Pernambuco
http://lattes.cnpq.br/3519251732275622

Marco Aurelio Calixto Ribeiro de Holanda
Universidade de Pernambuco
Recife – Pernambuco
http://lattes.cnpq.br/2511268845383329

Diogo Botelho Correa de Oliveira
Universidade de Pernambuco
Recife – Pernambuco
http://lattes.cnpq.br/2647295852254445

Ariela Rocha Cavalcanti
Universidade de Pernambuco
Recife – Pernambuco
http://lattes.cnpq.br/8559919036832790

Willames de Albuquerque Soares
Universidade de Pernambuco
Recife – Pernambuco
http://lattes.cnpq.br/8129166589399635

RESUMO: A redução de áreas permeáveis durante o processo de urbanização causa a diminuição no coeficiente de infiltração resultando em um aumento na taxa de escoamento superficial e consequente intensificação na frequência e na magnitude das inundações e alagamentos. Para melhorar os problemas hidrológicos associados a urbanização o uso de telhado verde vem sendo uma alternativa promissora. Nesse sentido, essa pesquisa tem o objetivo de avaliar o comportamento hidrológico dessa técnica durante um período de baixa pluviosidade na Região Metropolitana do Recife (RMR). Para atingir o objetivo proposto foi monitorado um protótipo de telhado verde instalado no município de Olinda-PE durante o período de agosto a outubro de 2019 e realizado a simulação do fluxo de água por meio do modelo computacional Hydrus 1D. Analisou-se a capacidade de retenção de água no protótipo durante eventos naturais de chuva, com coleta de dados de umidade inicial do solo e volumes de entrada e saída de água controlados. Durante esse período observou-se uma precipitação total de 73,92 mm que foi completamente retida pelo protótipo de telhado verde. A simulação no Hydrus 1D mostrou que a variação no volume de água do solo atingiu valores abaixo do ponto de murcha permanente o que levou a morte da vegetação. Também foi verificado a necessidade de elaboração de um sistema de irrigação para os períodos secos.

PALAVRAS-CHAVE: Drenagem Urbana, Técnica compensatória, Sustentabilidade.

ANALYSIS OF THE HYDROLOGICAL BEHAVIOR OF A GREEN ROOF SUBMITTED TO THE CLIMATIC CONDITIONS OF THE METROPOLITAN REGION OF THE RECIFE

ABSTRACT: The reduction of permeable areas during the urbanization process causes a decrease in the infiltration coefficient resulting in an increase in the runoff rate and a consequent

intensification in the frequency and magnitude of inundation and floods. To improve the hydrological problems associated with urbanization, the use of a green roof has been a promising alternative. In this sense, this research aims to assess the hydrological behavior of this technique during a period of low rainfall in the Metropolitan Region of Recife (RMR). To achieve the proposed objective, a green roof prototype installed in the municipality of Olinda-PE was monitored from August to October 2019 and the water flow simulation was performed using the Hydrus 1D computational model. The capacity of water retention in the prototype was analyzed during natural rain events, with data collection of initial soil moisture and controlled inlet and outlet volumes. During this period, a total precipitation of 73.92 mm was observed, which was completely retained by the green roof prototype. The simulation in Hydrus 1 D showed that the variation in the volume of water in the soil reached values below the permanent withering point led to the vegetation death. There was also a need to develop an irrigation system for dry periods.
KEYWORDS: Urban Drainage, Compensatory Technique, Sustainability.

1 I INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado e não planejado dos centros urbanos causa mudanças significativas no meio ambiente, inclusive no ciclo hidrológico (Martins, 2018). Segundo Salman e Blaustein (2018), as alterações o aumento de áreas impermeáveis durante o processo de urbanização geram um aumento na frequência e na magnitude das inundações e alagamentos.

Uma alternativa de desenvolvimento sustentável que retém e detém o escoamento pluvial, aliviando o problema de inundação urbana consiste no uso de telhados verdes (Mahmoud e Gan, 2018; Zhang *et al.*, 2018). Em sua forma mais simples o sistema construtivo dessas coberturas é composto por vegetação, substrato, filtro, material de drenagem e impermeabilizante. Cada camada que constitui os telhados verdes possuem funções bem definidas e o tipo de cada um deles depende das características da localização onde está inserido. (Vijayaraghavan; Joshi, 2015).

A capacidade de retenção dos telhados verdes está diretamente relacionada com o balanço hidrológico. Segundo Berndtsson (2010) o volume de água retido no telhado verde é evaporado ou utilizado pelas plantas para seu processo de fotossíntese. A combinação desses dois processos é chamada de evapotranspiração. Esse fenômeno é o responsável pela redução do escoamento por essas coberturas.

Conforme Stovin *et al*. (2012) os principais mecanismos hidrológicos que operam dentro do telhado verde são a evapotranspiração, infiltração e armazenamento no substrato e escoamento. Segundo Hilten *et al*. (2008) o escoamento equivale ao excesso de umidade que é drenado pelo telhado verde.

Com isso, uso dessa técnica nas práticas de gestão do sistema de drenagem urbana requer uma predição de suas características hidrológicas, sendo necessário o uso de instrumentos analíticos e ferramentas de modelagem (Carbone *et al*., 2015). Muitos

estudos visaram modelar o comportamento hidrológico de telhados verdes usando modelos numéricos de base física que descrevem o fluxo de água em matriz de solo insaturada, como Software HYDRUS 1D (Hilten *et al*., 2008; Santos *et al*., 2013; Qin *et al*., 2016)

Em estudo realizado na Geórgia - EUA, Hilten *et al*. (2008) avaliou a eficácia dos telhados verdes na redução do escoamento pluvial. Para o estudo os autores realizaram simulações no Hydrus 1D para tempestades de projeto de 24 horas para determinar o pico do escoamento, o tempo de e a capacidade de retenção, foi demonstrado que um telhado verde modular com profundidade do substrato de 10 cm fornece retenção completa para tempestades de até 20 mm, proporcionando detenção para tempestades tão grandes quanto 79,3 mm. Para os autores o Hydrus prevê com precisão o escoamento para pequenos eventos de chuva.

Santos *et al*. (2013) investigou a efetividade dos telhados verdes na redução do escoamento superficial por meio de simulações realizadas no código computacional Hydrus 1D para eventos de precipitação com intensidade de 42 mm/h e 79 mm/h com duração de 30 minutos. Os autores observaram um retardo no início e uma redução no pico do escoamento quando comparado os resultados dos telhados verdes com o convencional, foi concluído também que o modelo Hydrus-1D representou bem a realidade do experimento.

Qin *et al*. (2016) apresentou um modelo de telhado verde para simular a variação de longo prazo da umidade do solo em condições climáticas típicas em Shenzhen, China. Após a calibração e validação com os dados observados de um telhado verde piloto foram realizadas simulações no Hydrus 1D para diferentes sistemas irrigação em telhados verdes. Observou-se que à medida que a profundidade de solo aumenta há uma redução nos dias de estresse hídrico, porém o volume de irrigação cresce. Para os autores uma profundidade da camada de solo de 100 a 150 mm é uma troca razoável entre os objetivos de economizar água e manter a saúde da vegetação do telhado verde.

Assim, os objetivos deste trabalho foram avaliar os componentes do balanço hídrico, especificamente a variação de armazenamento de água do solo, do escoamento e da evapotranspiração, em um protótipo de telhado verde durante um período de baixa precipitação na RMR por meio de simulação no Hydrus 1D e analisar a necessidade de um sistema de irrigação para o período seco.

2 | METODOLOGIA

2.1 Protótipo do telhado verde

Para a realização do estudo foi elaborado um protótipo de telhado verde monitorado durante o período de agosto a outubro de 2019. A implantação e o monitoramento do protótipo foram feitos em uma residência localizada na RMR, no município de Olinda-PE.

Para elaboração do protótipo de telhado verde foi feita uma estrutura de compensado

naval com área de 1 m², 20 cm de profundidade e inclinação 2% necessária para conduzir o escoamento para os tubos de drenagem, para garantir a drenagem foram feitos dois orifícios na parte mais baixa da base.

O primeiro passo para a montagem do telhado verde constituiu na instalação da camada impermeabilizante que foi feita com uso de uma lona de polietileno disposta de modo a cobrir toda a área interna da estrutura, em seguida foram instalados flanges de policloreto de vinil (PVC) que funcionaram como drenos, foi disposto 5 cm de argila expandida para camada de drenagem, o bidim, a camada com 9 cm de solo e por fim foram implantados os tapetes de grama esmeralda (*Zoysia Japonica*) com 3 cm de espessura, essas etapas estão apresentadas na Figura 1. O acumulo da água escoada pelo protótipo foi direcionado para dois garrafões de 20 litros por meio de duas mangueiras acopladas aos drenos.

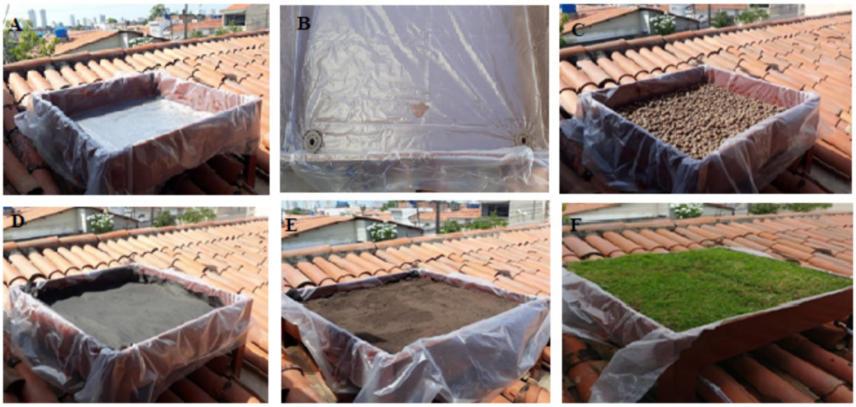


Figura 1 – Montagem do protótipo – (A) camada de impermeabilização, (B) dreno de PVC, (C) camada de drenagem, (D) filtro de Bidim, (E) camada de substrato e (F) camada de vegetação.

2.2 Coleta de dados meteorológico

A coleta de dados pluviométricos foi feita com uso de uma estação meteorológica *Oregon Scientific* WMR300. Essa estação automática contém um modulo de armazenamento, pluviômetro e sensores de temperatura, umidade relativa do ar, direção e velocidade do vento.

A estação foi instalada próximo ao protótipo de telhado verde, com o sensor de velocidade e direção do vento posicionado dois metros acima do protótipo. O Pluviômetro foi instalado junto com o sensor de umidade e temperatura e o transmissor solar ao lado do sensor de velocidade e direção de vento, com 1,5 m acima da superfície do telhado verde, evitando assim a interferência nas leituras, garantido sua precisão.

2.3 Propriedades hidráulicas do solo

Para determinação da umidade residual (θr), o parâmetro adimensional de forma (n) e o inverso da pressão de borbulhamento (α) foram usadas as funções de pedotrânsferencia ajustadas por Barros *et al*. (2013) para solos gerais. As variáveis usadas para a estimativa foram os percentuais de areia e argila obtidos a partir do ensaio de granulometria segundo a NBR 7181 (ABNT, 2016) realizado nos solos do substrato, as frações granulométricas do solo 1 (solo presente no tapete de grama) e do solo 2 (solo usado como suporte para vegetação) podem ser vistos na Tabela 1. A espessura do solo 1 e 2 são 30 mm e 90 mm respectivamente.

	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)
Solo 1	87,9	1,4	10,8
Solo 2	91,5	0,9	7,6

Tabela 1 - Composição granulométrica do substrato e do solo.

A umidade saturada foi considerada igual a porosidade total, sendo estimada pelo peso especifico do solo seco dividido pelo peso especifico das partículas, segundo Barros (2013) essa é melhor forma de estima-la. Para determinação do peso especifico do solo foi dividido o peso total de solo usado na montagem do protótipo dividido pelo volume ocupado pelo mesmo. O peso especifico da partícula de solo foi obtido segundo Embrapa (1996). A condutividade hidráulica foi estimada por meio da equação de Cosby *et al*. (1984).

Com o uso dessas propriedades foi definida a curva de retenção de água dos solos e determinado a capacidade de campo (CC) para uma pressão de -1m e ponto de murcha para pressão de – 150 m para o solo 1 e solo 2. Os parâmetros hidráulicos e o a capacidade de campo e ponto de murcha estão apresentados na Tabela 2.

	α (m^{-1})	θr (m^3m^{-3})	θs (m^3m^{-3})	n (-)	ks ($m.s^{-1}$)	CC	PMP
Solo 1	5,687	0,037	0,392	1,774	$1{,}936.10^{-5}$	0,127	0,0389
Solo 2	6,387	0,020	0,417	1,798	$2{,}251.10^{-5}$	0,108	0,0213

Tabela 2 - Propriedades hidráulicas do solo.

2.4 Modelagem no Hydrus 1D: Dados de entrada e condições de contorno iniciais

A simulação da dinâmica da água no solo pelo modelo Hydrus 1D necessita dos

seguintes dados de entrada: dimensões da área em estudo, tempo de simulação, as propriedades hidráulicas do solo e dados atmosféricos. A profundidade do solo foi de 110 mm composto por dois materiais. O tempo de simulação constitui em um período de 55 dias, com dados pluviométricos diários. A evapotranspiração de referência foi estimada pelo método Hargreaves (1994) com uso dos dados meteorológicos obtidos próximo ao telhado verde.

A captação de água pela raiz da cultura utilizada foi considerada, assumindo os parâmetros de Feddes *et al*. (1978) para grama e os dados da cultura constantes com altura de 30 mm e profundidade da raiz de 110 mm. O LAI (Índice de área foliar) foi calculada a partir da altura da cultura usando a formula da grama disponível no Hydrus 1D.A condição de contorno superior adotada foi atmosférica com escoamento superficial e a inferior livre.

A umidade volumétrica dos solos foi medida logo após a montagem do telhado verde e adotadas como condição inicial do solo para modelagem, as umidades iniciais medidas do solo 1 e do solo 2 foram 0,34 mm^3mm^{-3} e 0,10 mm^3mm^{-3} respectivamente.

3 | RESULTADOS

3.1 Condições climáticas da área de estudo

Durante o período de 27 de agosto a 20 de outubro de 2019 foi observado o comportamento do protótipo de telhado verde submetido ao clima da RMR. No decorrer desse tempo a temperatura mínima obtida, a partir das medições da estação meteorológica instalada próximo ao protótipo, foi de 22 °C e máxima de 32,5 °C. A umidade média atmosférica ficou entre 84,90% e 69,75%. No mês de agosto foi observado as maiores velocidades médias diárias do vento, onde a máxima foi de 8,52 m/s. Segundo Mello *et al*. (2013) esses valores são considerados altos para RMR.

A precipitação acumulada diariamente durante o período ficou abaixo de 7,87 mm. O volume total precipitado durante o período de observação foi de 73,92 mm e foi completamente retido retido pelo protótipo, não gerenado escoamento. Entre os dias 22 de setembro e 10 de outubro foi verificado a morte da vegetação.

3.2 Simulação Hydrus 1D

A umidade entra ou sai do sistema a partir da superfície do solo, através de estômatos vegetais ou através dos drenos. Para os telhados verdes os fluxos de umidade ocorrem por meio da entrada de água no solo pela precipitação, armazenamento no solo devido a capacidade de retenção e saída por evapotranspiração e escoamento (Hilten,2008). O balanço apresentado pela simulação do telhado verde no Hydrus 1D está apresentado nas Figuras 2 e 3.

A partir da simulação foram calculadas a evapotranspiração potencial pelo método de Hargreaves, e a partir dessa o modelo estimou a evapotranspiração real. O maior valor

observado foi de 3,306 mm no dia 18 de setembro de 2019 e durante o período de 5 a 8 de outubro 2019 a evapotranspiração foi nula.

A precipitação foi medida pela estação meteorológica *Oregon Scientific WMR300* instalada ao lado do protótipo e usada como dado de entrada para o modelo. Para o período de observação não houve escoamento e a evapotranspiração total foi de 77,56 mm enquanto a precipitação chegou a 73,92 mm, ou seja, toda a água que entrou no sistema saiu por meio da evapotranspiração.

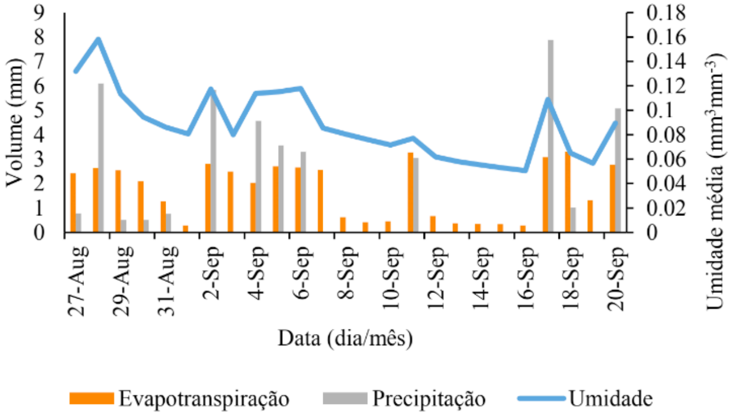


Figura 2- Balanço hídrico para o período de 27 de agosto a 20 de setembro de 2019.

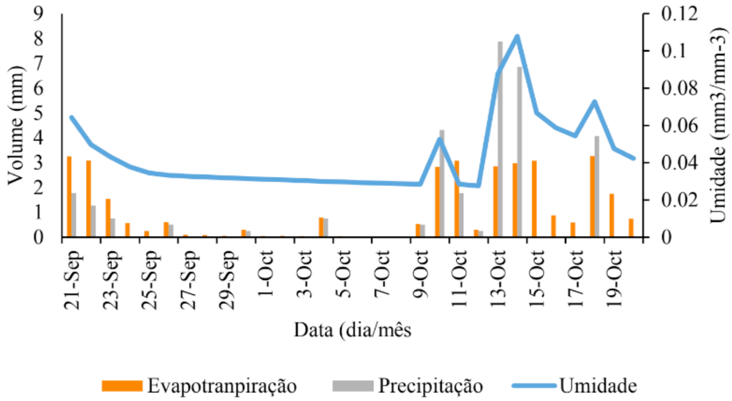


Figura 3 – Balanço hídrico para o período de 21 de setembro a 20 de outubro de 2019.

A variação da umidade média no perfil de solo foi reduzindo ao longo do período avaliado terminado com 0,04 mm^3mm^{-3}. O comportamento da umidade para a camada de 110 mm do solo, nas profundidades especificadas, está apresentado na Figura 4, as profundidades definidas foram de 0 (superfície), -30 mm referente ao fim da camada de

solo 1, -70 mm equivalente ao ponto central da camada total de solo e -110 mm. De acordo com Mello *et al*. (2007) esses gráficos são importantes para subsidiar as previsões para o escoamento e vazão de pico

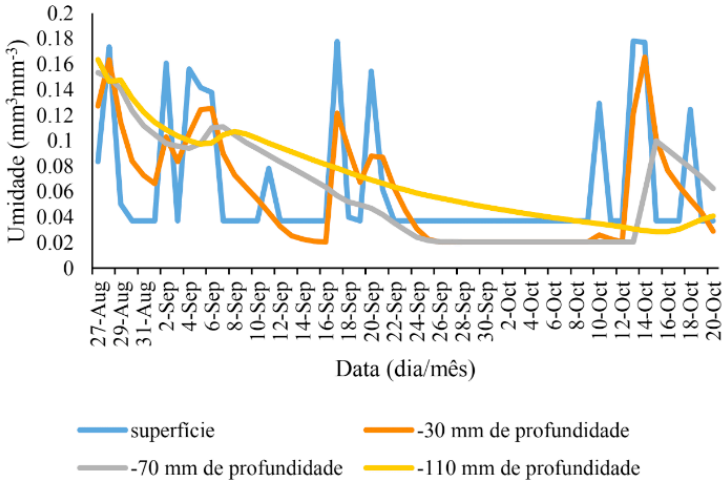


Figura 4 – Umidade no solo durante o período de observação nas profundidades especificadas.

Durante o período de simulação houve uma maior variação na umidade da camada de solo 1, ou seja, os primeiros 30 mm de profundidade. Segundo Schiavon et al. (2013) o sistema radículas das gramas estão concentrados na superfície. Já nas profundidades -70 mm e -110 mm há uma redução gradativa da umidade.

No período de 22 de setembro a 10 de outubro de 2019 a superfície se manteve com a umidade residual do solo, já as profundidades – 30 mm e -70 mm atingiram o ponto de umidade residual no dia 26 de setembro de 2019, a profundidade de -30 mm permaneceu com essa umidade até o dia 10 de outubro enquanto a de -70 mm foi até o dia 13 de outubro de 2019.

Nesse intervalo a precipitação máxima foi de 1,27 mm no dia 22 de setembro de 2019, nesse dia a evapotranspiração foi de 3,092 mm. A saturação não foi observada provavelmente devido à alta condutividade hidráulica evidente em solos arenosos. A falta de saturação indica que não há escoamento (Hilten, 2008).

No período de 22 de setembro a 09 de outubro o substrato do telhado verde esteve abaixo do ponto de murcha permanente (PMP), que para o solo 1 equivale a 0,0389 mm^3/mm^{-3} e 0,0213 para o solo 2, o que levou a cultulra implanta ao murchamento irrecupéravel. Segundo Viehmeyer e Hendrickson (1949), a vegetação atinge o murchamento irrecuperável quando o teor de água no solo alcança o PMP, mesmo em atmosfera saturada com vapor de água.

Segundo Lu et al. (2014) e MacIvor et al. (2013), os telhados verdes são ambientes de crescimento difícil para a vegetação, pois possuem profundidades e volumes médios de crescimento finito. Outro fator que dificulta o desenvolvimento da vegetação nessas coberturas é a limitação de água, tendo em vista que a demanda de água nos telhados verdes dependem exclusivamente da precipitação.

Segundo Ferreira et al. (2013) os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro são os meses com menores índices pluviométricos na RMR, onde a média mensal de precipitação fica abaixo dos 50 mm, corroborando com as baixas precipitações ocorridas durante o período de observação.

4 I CONCLUSÃO

O protótipo de telhado verde mostrou capacidade de retenção de 100% do volume gerado pelos eventos de precipitação ocorridos entre 27 de agosto e 20 de outubro de 2019, não havendo escoamento. Durante esses meses a precipitação máxima foi de 7,87 mm e acumulado de 73,92 mm sendo um intervalo com baixos índices pluviométricos. Além disso foi verificado que a vegetação utilizada chegou ao ponto de murcha irreversível ao final do período.

O balanço hidrológico obtido a partir da simulação no Hydrus 1D mostrou que todo o volume infiltrado foi extraído do solo pela evapotranspiração, não havendo escoamento. Além disso, entre os dias 22 de setembro e 09 de outubro de 2019 o solo se manteve no teor de umidade residual, ou seja, esteve abaixo do ponto de murcha do solo levando a morte da vegetação.

Essas observações mostram o bom desempenho do modelo na simulação balanço hidrológico dos telhados verdes. Outro ponto importante é a demonstração da necessidade de aplicação de um sistema de irrigação durante os períodos de baixa precipitação.

REFERÊNCIAS

ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS**. ABNT NBR 7181**: Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016.

BARROS, A. H. C.; LIER, Q. DE J. V.; MAIA, A. DE H. N.; SCARPARE, F. V. (2013). **Pedotransfer Functions to Estimate Water Rentention Parameters of Soils in Northeastern Brazil**. Revista Brasileira de Ciências do Solo 37 (2), pp. 379-391.

BERNDTSSON, J. C. (2010). **Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review**. Ecological Engineering 36, pp. 351 – 360.

CARBONE, M., BRUNETTI, G., PIRO, P., (2015). **Modelling the hydraulic behaviour of growing media with the explicit finite volume solution**. Water 7 (2), pp. 568-591.

COSBY, B.J.; HORNBERGER, G.M.; CLAPP, R.B.; GINN, T.R. (1984). **A statistical exploration of the relationship of soil moisture characteristics to the physical properties of soils**. Water Resources Research 20 (6), pp 682–690.

FERREIRA F. F., TORRES FILHO C. E OLIVEIRA P. R. (2013). ***Previsão Estatística da Precipitação Mensal para a Região Metropolitana do Recife***. Revista Brasileira de Geografia Física 6 (51517-1528).

FEDDES, R. A.; KOWALIK, P. J.; ZARADNY, H. (1978). **Simulation of Field Water Use and Crop Yield**. John Wiley & Sons.

HARGREAVES, G. H. (1994). **Defining and using reference evapotranspiration**, J. Irrig. Drain. Eng. 120 (6), pp. 1132–113.

HILTEN, R. N.; LAWRENCE, T. M., TOLLNER, E. W. (2008). **Modeling stormwater runoff from green roofs with HYDRUS-1D**. Journal of Hydrology 358, pp. 288 – 293.

LU, J., YUAN, J.G., YANG, J.Z., YANG, Z.Y., (2014). **Responses of morphology and droughttolerance of Sedum lineare to watering regime in green roof system: a rootperspective**. Urban For. Urban Green 13, pp. 682–688.

MACIVOR, J.S., MARGOLIS, L., PUNCHER, C.L., CARVER MATTHEWS, B.J. (2013). **Decouplingfactors affecting plant diversity and cover on extensive green roofs**. J. Environ.Manag. 130 (1), 297–305.

MARTINS, L. C. (2018). **O planejamento da drenagem urbana em cidades médias do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba**. Sustentabilidade em Debate 9 (2), pp. 120-133.

MELLO, C.R.; LIMA, J.M.; SILVA, A.M. (2007). **Simulação do deflúvio e vazão de pico de em microbacia hidrográfica com escoamento efêmero**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola. 11 (4), pp. 410-419.

MOURA, G. S. S. DE; ANTONINO, A. C. D. (2013). **Telhado verde: desempenho do sistema construtivo na redução do escoamento superficial**. Ambiente Construído 13 (1), pp. 161-174.

QIN A. P.; SANTOS, P. T. DA S.; SANTOS, S. M. DOS; MONTENEGRO, S. M. G. L.; COUTINHO, A. P.; PENGA YN.; TANGA QL.; YUB SL. (2016). **A HYDRUS model for irrigation management of green roofs with a water storage layer**. Ecological Engineering 95, pp. 399 -408.

SALMAN I. N. A.; BLAUSTEIN L. (2018). **Vegetation Cover Drives Arthropod Communities in Mediterranean / Subtropical Green Roof Habitats**. Sustainability 10 (11), pp. 1-14.

SANTOS, R. D; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Embrapa-SNLCS, 2005. 92 p.

SCHIAVON, M., B. LEINAUER, M. SERENA, R. SALLENAVE, AND B. MAIER. (2013). **Establishing tall fescue and Kentucky bluegrass using subsurface irrigation and saline water**. Agron. J. 105, pp. 183–190.

STOVIN, V.; VESUVIANO, G.; KASMIN, H. (2012). **The hydrological performance of a green roof test bed under UK climatic conditions**. Journal of Hydrology 414 – 415, pp. 148-161.

VIEHMEYER, F. J.; HENDRICKSON, A. H. (1949) *“Methods of measuring field capacity and permanent wilting percentage of soils”.* Soil Science (68), pp.75-94.

VIJAYARAGHAVAN, K.; JOSHI U. M. (2015). **Application of seaweedas substrate additive in green roofs: enhancement of water retention and sorption capacity**. Landsc Urban Plan 143, pp. 25–32.

CAPÍTULO 27

REMOÇÃO DE ÁCIDOS HÚMICOS NA FILTRAÇÃO LENTA COM PRÉ-OXIDAÇÃO COM RADIAÇÃO SOLAR

Data de aceite: 01/04/2021
Data de submissão: 05/02/2021

Carlos Henrique Rossi
Instituto Federal de São Paulo – Campus Avançado de Ilha Solteira
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP - Campus de Ilha Solteira
Ilha Solteira -SP
http://lattes.cnpq.br/9042838244980395

Edson Pereira Tangerino
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP - Campus de Ilha Solteira
Ilha Solteira -SP
http://lattes.cnpq.br/1965415209677697

Tsunao Matsumoto
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP - Campus de Ilha Solteira
Ilha Solteira -SP
http://lattes.cnpq.br/9772438921794907

Anielle Ferreira de Jesus Pardo
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP - Campus de Ilha Solteira
Ilha Solteira -SP
http://lattes.cnpq.br/7443134033028509

RESUMO: O processo de oxidação utilizando a radiação solar precedendo a filtração lenta pode ser muito promissor no tratamento de água de abastecimento para pequenas comunidades ou comunidades rurais isoladas. A praticidade em conjunto com uma tecnologia alternativa vem mostrar a eficiência do uso de energia da radiação solar, renovável e não poluente, não aproveitada ou pouco utilizada no mundo para esta finalidade. A incidência de raios ultravioleta (UV) presente na radiação solar pode romper as moléculas de ácidos **húmico**s facilitando desta forma, a sua remoção pela camada biológica formadas nos filtros lentos de areia. Assim, as moléculas remanescentes deste procedimento poderão ser retiradas por adsorção utilizando uma coluna de carvão ativado granular de polimento. Os ácidos húmicos são moléculas difíceis de serem removidas da água em processo convencional de tratamento de água, tornando estes micros poluentes uma das causas de preocupação entre os pesquisadores. Mediante esta dificuldade, propôs-se em desenvolver um método mais eficaz em tornar a água potável e acessível financeiramente pela população de baixa renda. Na presente pesquisa obteve-se uma remoção em torno de 55% de ácido húmico utilizando um concentrador de radiação solar para o rompimento das moléculas do ácido húmico, facilitando desta forma a potabilização da água para abastecimento.

PALAVRAS-CHAVE: Filtração lenta, radiação solar, tratamento de água.

HUMIC ACIDS REMOVAL IN SLOW FILTRATION WITH PRE-OXIDATION BY SOLAR RADIATION

ABSTRACT: The oxidation process using solar radiation preceding slow filtration can

be very promising in the treatment of water supply for small communities or isolated rural communities. The practicality together with an alternative technology shows the efficiency to use solar radiation energy, renewable and non-polluting, not used or little used in the world for this purpose. The incidence of ultraviolet (UV) rays present in solar radiation can disrupt the humic acid molecules thus facilitating their removal by the biological layer formed in the slow sand filters. Thus, the remaining molecules from this procedure can be removed by adsorption using a polishing granular activated carbon column. Humic acids are molecules that are difficult to remove from water in a conventional water treatment process, making these micro pollutants one of the causes of concern among researchers. In view of this difficulty, it was proposed to develop a more effective method of making water safe and affordable for the low-income population. In the present research, a removal of around 55% of humic acid was obtained using a solar radiation concentrator for the breakdown of the humic acid molecules, thus facilitating the potabilization of water for supply.
KEYWORDS: Slow filtration, solar radiation, water treatment.

1 I INTRODUÇÃO

A água é o bem de consumo mais precioso da humanidade, porém será que a população mundial tem valorizado esse bem como realmente merece? A resposta é não. A cada dia, a água potável acessível tem sido motivo de preocupação para muitos estudiosos, os quais ressaltam a existência de grande quantidade de água salgada em nosso planeta quando comparada com a quantidade de água doce, porém o seu percentual reduz drasticamente para a fração de água doce potável acessível, em valores realmente assustadores (TANGERINO, 2003).

Devido à crescente escassez de água potável, os processos de tratamentos de água têm sido muito pesquisados e cada vez mais à procura de inovações tecnológicas. Em contrapartida, novas tecnologias são financeiramente muito valorizadas e, muitas vezes, torna-os pouco acessíveis às comunidades carentes. Por este motivo, tem-se investido em tecnologias que tenha livre acesso por toda população, tal como o processo de potabilização por radiação solar e filtração lenta (TANGERINO, 2003).

Os raios ultravioletas (UV) emitidos pela radiação solar podem ser aproveitados para realizar pré-tratamento por oxidação das moléculas de micro poluentes existentes na água, e facilitar a remoção destes pelo tratamento biológico em filtros lento e posteriormente na coluna de carvão ativado granular (GRAHAM, 1999).

Os micros-poluentes muito encontrados em águas naturais são as substâncias húmicas (SH) que são moléculas de difícil remoção em um sistema de tratamento de água convencional (TANGERINO, 2003). O pré-tratamento com raios UV pode ser de grande importância para o futuro das populações carentes devido à redução de custos no tratamento da água e, também, para atenuar a escassez de água potável num futuro próximo.

Filtração Lenta

A filtração lenta em areia foi uma das primeiras técnicas de tratamento de água desenvolvidas para produção de água potável em larga escala. O primeiro filtro lento foi construído em Paisley, na Escócia, em 1804 por John Gibbs para abastecer uma indústria (MENDES et al., 2006). Em 1828 os filtros de areia, construídos por James Simpson em Londres, foram usados pela primeira vez para abastecimento público (FERRAZ, 2001).

Segundo Veras (1999) até o início do século XX, 1914, a filtração lenta permaneceu como sendo o único processo de tratamento de água. Após o surgimento da tecnologia de coagulação química seguida da filtração rápida e desinfecção, foi notado o declínio no uso do processo de filtração lenta em areia (MENDES et al., 2006).

A filtração lenta é indicada para áreas com baixa densidade populacional e pouco recursos tanto para implantação como para operação e manutenção. No caso do Brasil, áreas rurais e regiões carentes são as mais indicadas para este sistema de tratamento, isto motivado pela vantagem de não necessitar de mão de obra qualificada na operação e manutenção dos filtros, além de ser eficiente na remoção de patógenos.

Por muitas razões, a filtração lenta deixou de ser uma alternativa de tratamento de água adotada no Brasil a partir da década de 70, especialmente pela falta de avanços em pesquisas para solucionar problemas relacionados à piora de qualidade da água dos mananciais periurbanos utilizados (DI BERNARDO et al., 1999).

A filtração lenta trabalha com taxas de filtração baixas e utiliza meio filtrante de granulometria fina. A operação realizada com baixas taxas de filtração acarreta necessidade de grandes áreas de filtração e, também de maior tempo de detenção da água sobre o meio filtrante e no próprio meio filtrante. Este maior tempo de permanência favorece a intensa atividade biológica na interface água e o meio filtrante, garantindo produção de água com qualidade apropriada para uma desinfecção efetiva (PERALTA, 2005).

A água bruta na unidade de filtração lenta permanece sobre o meio filtrante de 03 até 12h, dependendo da velocidade de filtração (taxa de filtração) adotada. Nesse tempo, as partículas mais pesadas em suspensão vão sedimentar e as partículas mais finas vão se aglutinar, facilitando a posterior remoção (HESPANHOL, 1987).

Na interface água e meio filtrante (areia) forma-se uma camada biológica chamada *schmutzdecke*, constituída de várias espécies microbianas, como por exemplo, bactérias, algas e protozoários, em complexas interações biológicas, como simbiose, competição por espaços ou por alimentos em comum. Nesta camada biológica pode também conter material inerte com argila e minerais precipitados como: manganês e ferro (VARESCHE, 1989).

Esta camada biológica é formada durante um intervalo de tempo chamado “tempo de maturação” (ou amadurecimento) do meio filtrante. Apenas após esse amadurecimento, o filtro se encontra em condições adequadas de produzir água tratada de boa qualidade. A

atividade biológica presente no filtro depende essencialmente da quantidade de nutrientes presentes na água bruta e da temperatura operacional (SÁ, 2002).

A atividade biológica é considerada a ação mais importante que ocorre na filtração lenta, sendo mais pronunciada no topo do meio filtrante, porém, pode se estender até cerca de 40cm de profundidade (DI BERNARDO et al., 1999).

Assim, o rendimento de um filtro lento depende principalmente do processo biológico, sua eficiência inicial, normalmente é baixa, melhorando à medida que a carreira de filtração avança. O período de amadurecimento de um filtro pode variar de alguns dias até cerca de dois meses em função das características da água afluente, do meio filtrante e dos parâmetros de operação adotados (DI BERNARDO et al, 1999).

Radiação UV

O sol tem uma temperatura superficial próxima de 6.000ºC e a energia liberada transmitida para o exterior é denominada de radiação solar. A Terra recebe esta radiação, a qual propicia a vida em nosso planeta e, além disso, é aproveitada como fonte de energia para diversas finalidades. A radiação recebida pela Terra não é constante uma vez que depende da época do ano, da latitude e da longitude do lugar. No nível do mar, em dias limpos, pode ser recebida uma intensidade de radiação de até 1KW/m^2 (SOARES, 2004).

Segundo Soares (2004), a energia solar é uma realidade que deverá ser contemplada dentro de um enfoque científico e tecnológico, coerente com sua condição de energia difusa, mas que põe à disposição da humanidade uma potência solar da ordem de 1KW/m^2 da superfície do globo.

A exposição ao calor e as radiações UV, provenientes da radiação solar, são estudadas como processo de desinfecção desde a década de 1970 no Líbano, sendo que nos últimos anos vem sendo dado um enfoque de alternativa de baixo custo para desinfecção de água uma vez que está comprovada a capacidade de eliminação de patógenos (WEGELIN et al, 1994).

A utilização de luz UV na desinfecção da água é um tratamento que apresenta inúmeras vantagens a serem consideradas, tais como: método rápido, barato, confiável, inodoro, não agride o meio ambiente, não há adição de produtos químicos, não acarreta problemas com manuseio ou estocagem de produtos químicos, sem risco de formação de subprodutos como trihalometanos (THM), simplicidade e facilidade de manutenção, limpeza periódica, a troca anual das lâmpadas de fontes artificiais, entre outras.

Substâncias Húmicas

As substâncias húmicas (SHs), apesar da estrutura conhecida e definida, sua macroestrutura pode ser constituída por múltiplos componentes moleculares enlaçados com diferentes tipos de ligações que dificultam sua remoção (HAYES, 1992).

Segundo Sargentini Junior et. al. (2001), as SHs, devido suas características

estruturais, podem interagir com metais e compostos orgânicos como por exemplo, pesticidas e herbicidas presentes no ambiente. O nível mais baixo da água em mananciais ocorre entre novembro e dezembro e o mais alto entre junho e julho. Em período de cheia, as águas do Rio Negro alagam as florestas, várzeas e igarapés (SARGENTINI JUNIOR et. al., 2001), carregando assim em suas águas, as SHs presentes no solo acumuladas no período de estiagem.

Os ácidos, húmico e fúlvico, são bem conhecidos como sendo os maiores precursores na formação de compostos de THM e outros produtos de desinfecção. Estudos laboratoriais detalhados de ozonização de ácidos fúlvicos aquáticos têm indicado uma redução sistemática de THM com doses de ozônio (LANGLAIS et al., 1991) (TANGERINO, 2003). Entretanto a remoção é significativamente menor em águas com baixa alcalinidade sugerindo que a direção molecular é muito seletiva para precursores de THM que a reação radial, ou forma poucos precursores como subprodutos com a desinfecção por ozônio (LANGLAIS et al., 1991).

Os precursores da formação de THM nos mananciais para abastecimento podem variar sazonalmente e dependem do tipo de manancial (rios, lagos, reservatórios ou represas), tipo do solo, vegetação predominante, mata ciliar, ocupação urbana, industrial e agrícola (PARDO, 1996).

Segundo Muttamara et al. (1995), o cloro pode formar THM quando em contato com substâncias húmicas. Para Paschoalato (2005), a concentração de substâncias húmicas, o tempo de contato e a temperatura da água em estudo influenciam na formação dos THM.

Atualmente a concentração máxima permitida de THM é de 0,1mg/L em água para abastecimento público no Brasil de acordo com a Portaria 2914/2011, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).

As SHs na água são de certa forma, biodegradáveis. No entanto, devido à grande dimensão das moléculas, a biodegradabilidade torna-se lenta. Do ponto de vista de modelagem para biodegradação, várias substâncias apresentam complicações nas formulações representativas, entre elas as SHs, pois na maioria dos modelos de biodegradação pode ser assumida a taxa limite do substrato em questão (HUCK, 1999).

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para atingir o objetivo principal dessa pesquisa, de avaliar o efeito do pré-tratamento com oxidação por radiação solar de substâncias húmicas (SHs) presentes na água a ser tratada pela tecnologia de filtração lenta, foram utilizados concentradores solares na pré-oxidação de SHs, filtros lentos e colunas de polimento final com carvão ativado granular.

A pesquisa foi subdividida em duas fases distintas, a saber:

Primeira fase: foram realizados ensaios para definir o concentrador solar mais eficiente para ser utilizado na segunda fase. Na sequência foram realizados os

ensaios para avaliar o efeito da radiação solar sobre a biodegradabilidade das SHs.

Segunda fase: foi dividida em 4 etapas e utilizado o concentrador solar do tipo parabólico, dois filtros lentos e duas colunas de carvão ativado granular.

Os pontos de coleta a serem considerados neste trabalho foram: P1- ponto de coleta de água sem radiação solar na entrada do filtro lento de areia; P2- ponto de coleta de água com radiação solar na entrada do filtro lento de areia; FL1- ponto de coleta de água sem radiação solar após o filtro lento de areia; FL2- ponto de coleta de água com radiação solar após o filtro lento de areia; CL1- ponto de coleta após o filtro de carvão ativado granular; CL2- ponto de coleta após o filtro de carvão ativado granular.

Procedimentos seguidos durante o período experimental, encontram-se descritas a seguir:

Primeira fase: inicialmente foi realizado a maturação dos filtros lentos, no qual foi utilizada água do lago do bairro do Ipê, localizado no município de Ilha Solteira-SP. Esta etapa foi realizada nos meses de junho e julho de 2009, em um período de temperaturas relativamente baixas, mas em clima atípico para a época, devido às chuvas em toda a região.

Segunda fase: foi realizada após o período de maturação dos filtros. Nessa etapa foi aplicada água natural e com adição de ácido húmico (AH) de grau técnico. A concentração de AH foi de 8mg/L, para se obter cor verdadeira 100uH. A duração desse ensaio foi de 30 dias, durante o mês de agosto. A água de estudo foi exposta à radiação UV no concentrador parabólico diariamente para o pré-tratamento. Um dos filtros lentos recebeu essa água pré-oxidada e o outro recebeu água sem pré-oxidação. As águas dos filtros lentos passaram por colunas com carvão ativado granular auxiliando na remoção das SH.

3 | APARATO EXPERIMENTAL

Na pesquisa foram montados dois filtros lentos de areia, denominados FL1 e FL2 construídos em tubos de polivinil clorado (PVC) com as seguintes dimensões geométricas: 100mm de diâmetro e 2.300mm de altura, espessura do leito de areia de 700mm e granulometria entre 0,08 a 1,00mm e coeficiente de desuniformidade maior que 3. A camada suporte do filtro foi constituída por 4 subcamadas de 75mm cada com as respectivas variações granulométricas, a partir da camada do fundo: 15,9 a 23,4mm; 7,9 a 12,7mm; 3,2 a 6,4mm e 1,4 a 3,2mm (Figuras 1 e 2).

Um concentrador parabólico foi construído em madeira com 11 espelhos planos cada um com 10cm de largura e 100cm de comprimento, instalados de tal forma a concentrar os raios solares no foco situado a 10cm da base. O concentrador foi instalado voltado para o norte e com inclinação variável em relação à vertical (Figura 3), correspondo ao ângulo de incidência do sol no período da realização dos ensaios.

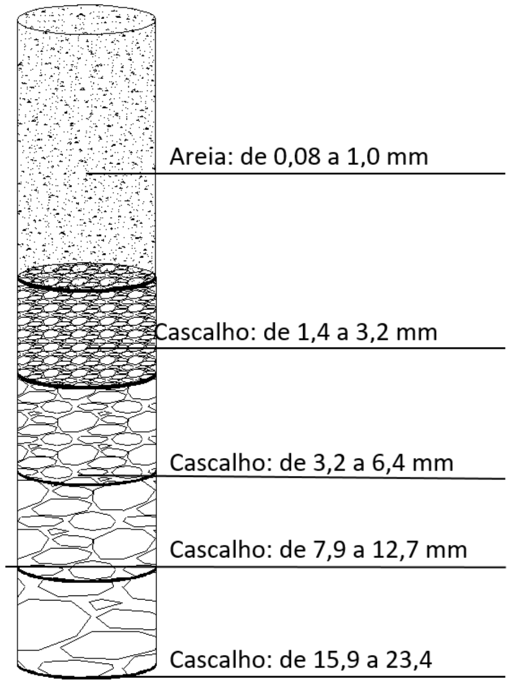


Figura 1: Representação da granulometria do leito filtrante do filtro lento

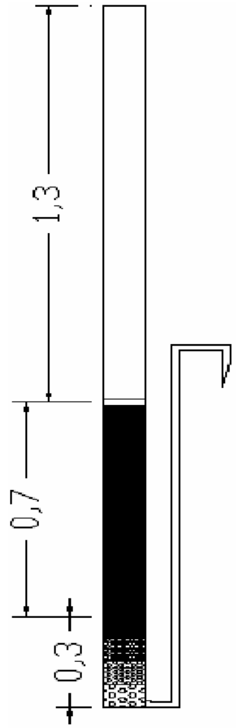


Figura 2: Altura das camadas de pedra e areia



Figura 3: Concentradores Solar Parabólico

4 I ENSAIOS COM ÁGUA NATURAL MISTURADA COM ÁCIDO HÚMICO

Os ensaios de oxidação com adição de ácido húmico foram realizados com uma concentração de 8,0mg/L para que a cor verdadeira da água em estudo atingisse um valor próximo de 100uH.

A água foi preparada em galão de 50L, homogeneizada e colocada em garrafas

de Polietileno Tereftalato (PET) de 2,5L. Foram instalados dispositivos nas tampas das garrafas para funcionarem como respiro que permitiam a saída dos gases gerados com o aumento da temperatura, que chegou até 120ºC no interior das garrafas fechadas.

As garrafas de PET ficaram expostas ao sol no concentrador parabólico, durante o período de 8h da manhã às 17h, ou seja, recebiam em média 9h de radiação UV/d.

A água retirada pela manhã foi colocada no reservatório 2 para que seguir o tratamento passando pelo filtro lento. A água foi passada pelo filtro lento com uma taxa de $3m^3/m^2d$.

5 I RESULTADOS

Primeira fase

Na Figura 4 são representados os valores de turbidez no período de maturação dos filtros utilizados no experimento. Observou-se que entre as coletas 30 e 35 houve um pico devido à chuva ocorrida neste período.

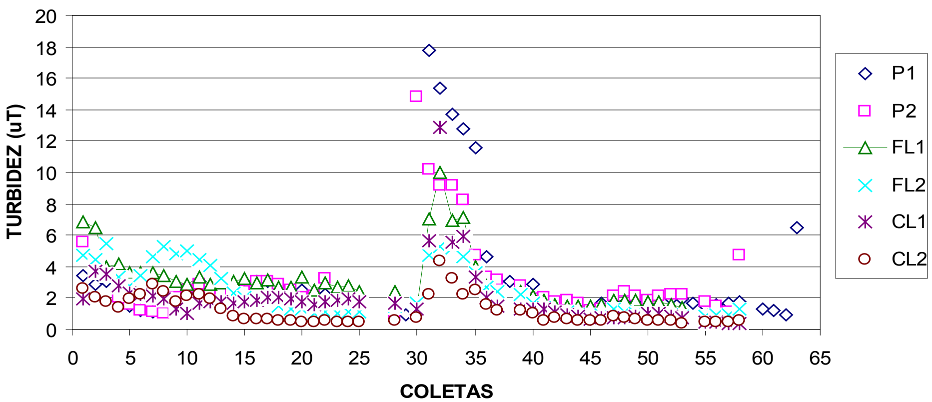


Figura 4: Valores de Turbidez no período de maturação

Nas coletas 30 a 40 houve um pico na cor aparente acompanhando o pico da turbidez, como se pode observar na Figura 5, devido às chuvas ocorridas no período. O desempenho do filtro 2 continuou melhor em comparação com o filtro 1, a coluna CL 2 removeu mais cor do que a CL 1.

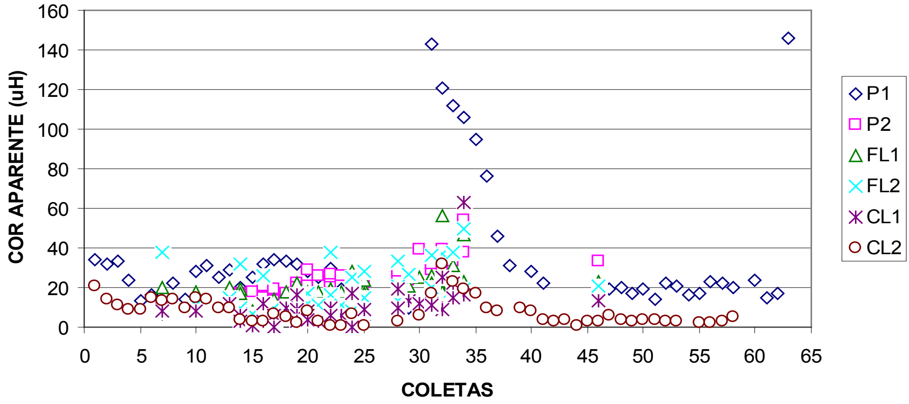


Figura 5: Valores de Cor aparente no período de maturação

Segunda fase

Na segunda etapa os principais resultados estão demonstrados na Figura 6 e na Tabela 1. A Figura 6 apresenta os valores de turbidez no período em que ácido húmico foi adicionado à água.

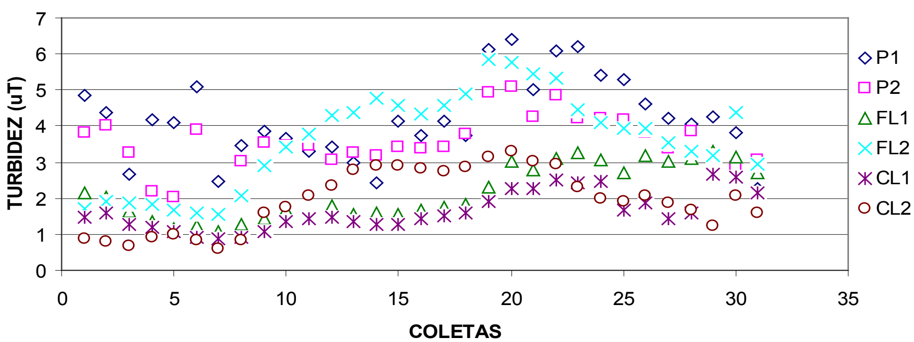


Figura 6: Valores de Turbidez no período de adição de AHgt

As porcentagens de remoção dos filtros de areia (FLs) estão apresentadas por meio da remoção de cor verdadeira em relação à entrada dos filtros (pontos P), conforme mostrados na Tabela 1.

% de REMOÇÃO de COR VERDADEIRA											
PONTO	COLETAS REALIZADAS										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
FL1	55	23	31	27	19	11	15	14	27	21	10
FL2	52	22	0	16	18	12	10	4	16	11	17
CL1	62	65	55	64	60	58	55	53	76	77	48
CL2	62	64	80	68	55	52	61	58	65	65	60

Tabela 1: Porcentagem de remoção de cor verdadeira dos efluentes em relação aos afluentes.

6 | DISCUSSÕES

Nos primeiros dias o FL2 mostrou resultados similares ao do FL1, porém entre as coletas 10 e 25 houve um aumento nos valores de turbidez no período de adição de Ácido Húmico de grau técnico (AHgt). Possivelmente ocorreu uma perda da camada biológica por algum acidente físico no experimento. A coluna CL2 acompanhou os resultados do FL2 fazendo com que, neste período, a água preparada que foi colocada em uma sala escura apresentasse menores resultados que o exposto a radiação (Figura 6).

No ensaio os resultados de cor verdadeira (Tabela 1), demonstraram que não houve uma pequena melhora na água exposta à radiação UV, principalmente ao comparar os resultados do FL1 e do FL2, pois ao observar-se o valor de cor na entrada, o P1 foi maior que o P2 e após os filtros não houve diferença quanto à remoção. As porcentagens de remoção dos filtros de areia (FLs) estão apresentadas por meio da remoção de cor verdadeira em relação à entrada dos filtros (pontos P).

7 | CONCLUSÕES

Quando a água passa pelo pré-tratamento por radiação solar, as substâncias húmicas são removidas com maior facilidade tanto no filtro de areia quanto no filtro de carvão ativado granular.

A radiação solar influenciou na biodegradabilidade das substâncias húmicas, influenciando na cor aparente das águas antes e após a exposição.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n° 2914**, D.O.U. de 12/12/2011, Brasília: Governo Federal, 2011.

DI BERNARDO, L.; BRANDÃO, C.C.S.; HELLER, L. **Tratamento de água de abastecimento por filtração em múltiplas etapas.** Rio de Janeiro: ABES, 1999. 114p. (PROSAB).

FERRAZ, C. F. **Influência da redução da espessura da camada suporte na eficiência da filtração lenta com uso de mantas sintéticas não tecidas para águas de abastecimento**. 2001. 199 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia de Campinas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

GRAHAM, N. J. D. **Removal of humic substances by oxidation/biofiltration processes. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON REMOVAL OF HUMIC SUBSTANCES FROM WATER,** 1999, Trondheim. **Conference...** Trondheim: IAWQ. p.141-148. Disponível em: <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=1172712>. Acesso em: 20 dez. 2009.

HAYES, M. H. B. Advances in soil organic matter research; the impact on agriculture and the environment. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.119, p.149-150, 1992.

HESPANHOL, I. **Filtração lenta.** In: AZEVEDO NETTO, J.M. (Ed.). **Técnicas de abastecimento de água.** São Paulo: CETESB, 1987. v.2, p.229-273.

HUCK P.M. **Development of a framework for quantifying the removal of Humic Substances by biological filtration. Water Science and Tecnology,** Canada, v. 40, n.9, p.149-156, 1999.

LANGLAIS, B.; RECKHOW, D.A.; BRINK, D.R. **Ozone in water treatment:** application and engineering. Chelsea: Lewis Publishers, 1991. 569 p.

MENDES, C. G. N. et al. **Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e micro contaminantes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano.** Belo Horizonte: PROSAB, 2006. p.237-274. (Programa de pesquisa em saneamento básico-PROSAB, 4).

MUTTAMARA, S.; SALES, C. I.; GAZALI, Z. The formation of thrialomethanos from chemical disinfectants and humic substances in drinking water. **Water Supply**, Oxford, v.13, n.2, p.105-117, 1995.

PARDO, S.D.A. **Avaliação do potencial de formação de trihalometanos em sistemas de abastecimento de água**. 1996. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.

PASCHOALATO, C. F. P. R. **Efeito da pré-cloração, coagulação, filtração e pós cloração na formação de subprodutos orgânicos halogenados em águas contendo substâncias húmicas.** São Carlos, 2005. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

PERALTA, C. C. **Remoção do indicador *Clostridium perfringens* e de *Ooscistos* de *cryptosporidium parvum* por meio da filtração lenta – avaliação em escala piloto.** 2005. 84 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2005.

SÁ, J.C. Remoção de *microcystis aeruginosa* pelo processo de filtração lenta. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 28, 2002, Cancun. **Anais...** Cancun: FEMISCA, 2002. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico26/i-023.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2010.

SARGENTINI JUNIOR, E.; ROCHA C. J.; ROSA H. A.; ZARA F. L.; SANTOS A. Substâncias húmicas aquáticas: fracionamento molecular e caracterização de rearranjos internos após complexação com íons metálicos. **Química Nova,** São Paulo, v24, n.3, p.339-244, 2001.

SOARES, C. **Tratamento de água unifamiliar através da destilação solar natural utilizando água salgada, salobra e doce contaminada**. 2004. 110 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

TANGERINO, E. P. **Remoção de substâncias húmicas por meio da oxidação com ozônio e peróxido de hidrogênio e filtração lenta**. 2003. 265 f. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

VARESCHE, M.B.A. **Estudo sobre a interferência de algas no sistema de filtração lenta em areia.** 1989. 417 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1989.

VERAS, L. R. V. **Tratamento de água superficial por meio de diferentes alternativas da tecnologia de filtração em múltiplas etapas.** 1999. 243 f. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

WEGELIN, M.; CANONICA, S.; MECHSNER, K.; FLEISHMANN, T.; PESARO, F.; METZLER, A. Solar water disinfection: scope on process and analysis of radiation experiments. **Journal of Water Supply: Research and Technology – Aqua**, London, v. 43, n.3, p.154 – 169, 1994.

CAPÍTULO 28

PHOTODEGRADATION OF WATER POLLUTANTS WITH TiO_2 CATALYSTS ACTIVATED WITH VISIBLE LIGHT AND UV LIGHT

Data de aceite: 01/04/2021

Maricela Villicaña Mendez
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Posgrado de Ingeniería Química
Morelia, México

Luisa Verónica Piña Morales
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Posgrado de Ingeniería Química
Morelia, México

Ma. Guadalupe Garnica Romo
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Ingeniería Civil
Morelia, México

ABSTRACT: The photocatalytic reactions of TiO_2 are carried out under environmental conditions, the photoactivity is limited by the width of the catalyst photoactivation band (3.2eV), the rapid rate of recombination of charge carriers. The radiant energy of the UV light spectrum is necessary to activate the photocatalysts, as an alternative is to use the irradiation of visible sunlight. In this work, photocatalysts were obtained by microwave-assisted sol-gel impurified with Fe and Ni in concentrations 0.1-0.25%. Photodegradation of dyes from the textile industry was used: acid blue 9 and Rhodamine B at 20 mg / L (or 20 ppm). The best degradation was given for TiO_2 (0.10% Fe) (0.25% Ni) without calcination in a time of 90 min, reaching up to 62% degradation with Visible Light and with UV Light lamp up to 40%. The introduction of these ions: Fe^{3+} and Ni^{2+} in the TiO_2 network and the levels of impurity generated in its intrinsic band gap network result in the treatment of wastewater from the discharges of the textile industry, under conditions of activation with sunlight.

KEYWORDS: Photodegradation, Rhodamine B, Band Gap.

FOTODEGRADAÇÃO DE POLUENTES DE ÁGUA COM CATALISADORES TIO2 ATIVADOS COM LUZ VISÍVEL E LUZ UV

RESUMO: As reações fotocatalíticas do TiO_2 são realizadas em condições ambientais, a fotoatividade é limitada pela largura da banda de fotoativação do catalisador (3,2ev), a rápida taxa de recombinação dos portadores de carga. A energia radiante do espectro de luz ultravioleta é necessária para ativar os fotocatalisadores, enquanto uma alternativa é usar a irradiação da luz solar visível. Neste trabalho, os fotocatalisadores foram obtidos por sol-gel assistido por micro-ondas impurificado com Fe e Ni nas concentrações de 0,1-0,25%. Utilizou-se a fotodegradação de corantes da indústria têxtil: azul ácido 9 e Rodamina B a 20 mg / l (ou 20 ppm). A melhor degradação foi dada para TiO_2 (0,10% Fe) (0,25% Ni) sem calcinação em um tempo de 90 min, atingindo até 62% de degradação com luz visível e com lâmpada uv de até 40%. A introdução desses íons: Fe^{3+} e Ni^{2+} na rede TiO_2 e os níveis de impurezas geradas em sua rede band gap intrínseca resultam no tratamento de efluentes de descargas da indústria têxtil, sob condições de ativação com luz solar.

PALAVRAS-CHAVE: Fotodegradação, Rodamina B, Band Gap.

INTRODUCTION

The titanium dioxide (TiO_2) material used and investigated, due to its electrical and optical properties, good chemical stability, resistance to photo-corrosion and great oxidizing power. [1,2]. Considered an ideal semiconductor for photocatalysis [3]. In order to broaden the photo response of the catalysts towards visible light, solutions such as: NTC composite photocatalysts, sensitizing stains, deposition of noble metals or metal ions, impurification with transition metals (Cu, Co, Ni, Cr, Mn,) have been developed. Mo, Nb, V, Fe, Ru, Au, Ag, Pt) and non-metallic elements (N, S, C, B, P, I, F) [4].

Load carriers trapped in these traps can survive long enough to react with water or other substances adsorbed on the surface of the semiconductor [5]. On the other hand, color in wastewater is the most obvious indicator of the contamination of organic waste in water. A disadvantage of traditional wastewater purification methods is the fact that they are not destructive [6].

Having a need in the development of technological innovations for the treatment of these colored waters [7]. Azo dyes are one of the important materials in the textile and paper industry, while 10-15% of the dye is lost during the process of dying and released as effluent the released coloring compounds increase environmental pollution, and generate dangerous products. health humans [8].

As an alternative treatment, Photocatalysis through TiO_2 impurified with transition metals and activated with UV light and Visible light, which degrade the complex molecules of azo dyes: Acid Blue 9 and Rhodamine B.

Water on land is one of the most abundant natural resources, but only about 1% of that resource is available for human consumption [9]. It is estimated that more than 1.1 billion people lack adequate drinking water supply [10], due to the rising cost of drinking water, population growth and the variety of climate and environmental concerns. The biggest challenge in the water supply chain is the continuous contamination of fresh water or a variety of organic and inorganic contaminants.

Wastewater treatment and drinking water can reduce these concerns [11]; However, traditional treatment methods are not efficient enough to completely eliminate emerging pollutants and meet strict water quality standards. In addition, existing wastewater treatment technologies have several drawbacks such as high energy requirement, incomplete removal of contaminants and generation of toxic sludge.

Biological wastewater treatment is widely applied, but these are generally slow, limited due to the presence of non-biodegradable contaminants, and at some point cause toxicity to microorganisms due to some toxic contaminants. The physical process such as filtration can eliminate contaminants by transforming from one phase to another but producing a highly concentrated sludge, which is toxic and difficult to get rid of.

In the previous context, there is a requirement for efficient and powerful technologies

for the treatment of municipal and industrial wastewater [11]. This can be achieved by developing completely new methods or improving existing methods. Among the various emerging technologies, advances in nanotechnology have shown incredible potential for wastewater remediation and several other environmental problems [12,1,13].

The textile industries consume two thirds of the 10,000 different types of dyes and pigments produced annually. Although dye fixation depends on the dye class, type of fabric and other dyeing parameters, almost 10% of the dye used is discharged into the effluents as a result of this process.

Conventional wastewater treatment such as acid neutralization and alkaline liquors flocculation and chemical oxidation result in 70-80% of the discoloration, while still maintaining the organic carbon load in the effluent [14]. As an alternative treatment, Photocatalysis through TiO_2 impurified with transition metals and activated with UV light and Visible light, figure 1 and which degrade the complex molecules of azo dyes, figures 2 and 3.

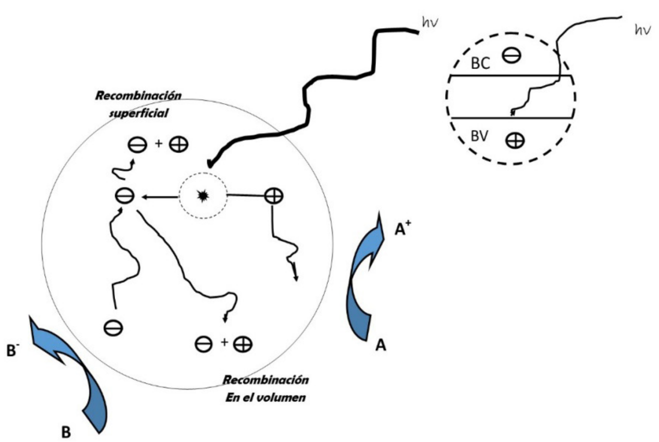


Figure 1.- Process that occurs in the semiconductor-electrolyte interface under lighting.

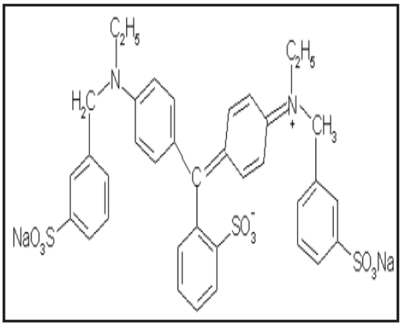


Figure 2.- Molecular structure of the dye Acid Blue 9.

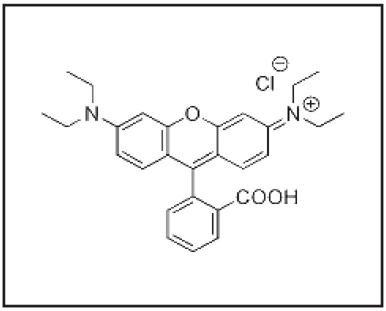


Figure 3.- Molecular structure of Rhodamine B.

METHODOLOGY

The sol-gel method is a synthesis method that allows obtaining metal oxides in the form of powders, thin films or as a dense material, whose objective is to achieve a high purity solid of high homogeneity on a molecular scale. In addition, it has four general stages: 1. Preparation of a colloidal solution of the precursors, 2. Gelification of the solution, 3. Drying of the gel (xerogel), 4. Calcination of the xerogel to obtain the ceramic material.

The microwave-assisted synthesis consists of adding the precursor materials in a reactor, which is entered into a source of energy or heat, this energy increases the temperature and pressure of the internal system, modifying these conditions to subcritical inside, which favors the reaction processes, which can be homogeneous or heterogeneous. This synthesis is an alternative to provide thermal energy to a reaction with advantages such as: saving time and energy, generating fewer by-products, optimizing yields, obtaining products in a smaller number of steps.

Its form of heating uses the property of some molecules to transform electromagnetic energy into heat, many molecules are electrical dipoles, which means that it has a partial positive charge at one end and a partial negative charge at the other, and therefore they rotate in an attempt to align with the alternating electric field of microwaves. When rotating, the molecules collide with others and set them in motion thus dispersing the energy. This energy, when dispersed as molecular vibration in solids and liquids (as potential energy and as kinetic energy of atoms), is done in the form of heat, Figure 4 shows the movement of polar molecules by microwave heating. [15, 16].

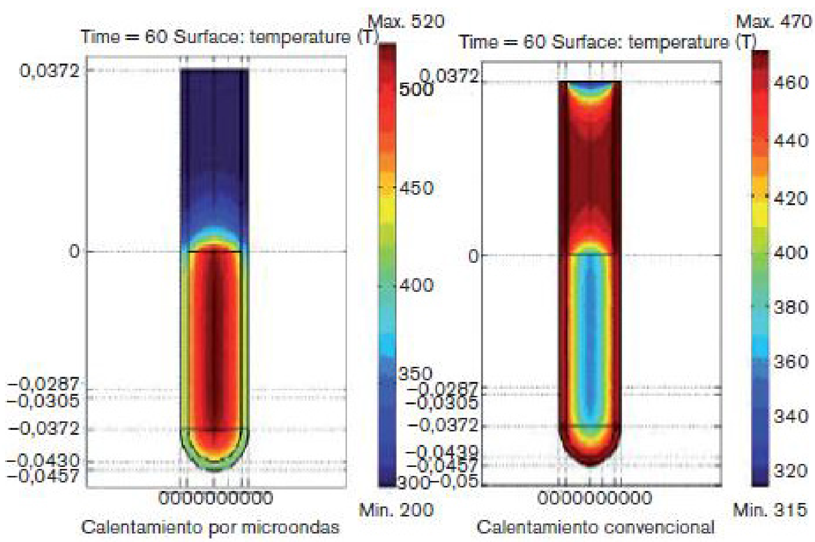


Figure 4.- Microwave heating and conventional heating.

The following reagents and equipment were used for the synthesis of TiO_2 photocatalysts doped with Nickel-Iron: Ethyl alcohol. Titanium Butoxide. Deionized water. Nickel Nitrate Hexahydrate [$Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$]. Ferric nitrate [$Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$]. Micro-waves: Synthos 3000. Photocatalytic reactor. The model molecules: Acid Blue 9 and Rhodamine B. The concentrations used of the dyes are 20 mg / L (or 20 ppm).

RESULTS AND CONCLUSIONS

Starting from the pure photocatalyst, figure 5 (a) and (b) with visible light, 62% for (TiO_2-0.25% Ni) without calcination in a time of 90 min of degradation without heat treatment and in b) 100 min 85% , for pure TiO_2, Figure 5 (c) Photodegradations of TiO_2-0.10% Fe-0.25% Ni calcined at different temperatures with visible light and Figure 5 (d) with Uv light lamp.

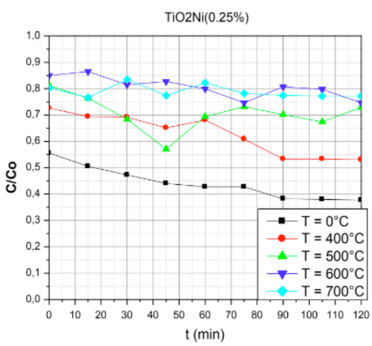


Figure 5.- a) Photodegradations of TiO_2 - 0.25% Ni at different temperatures with Visible Light Lamp.

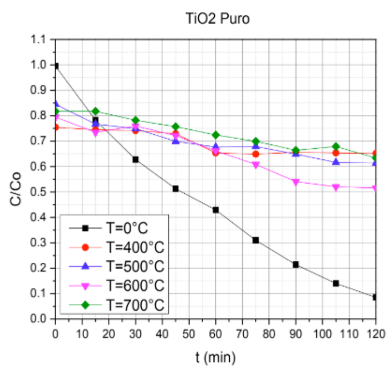


Figure 5.-b) Photodegradations of TiO_2 pure at different temperatures with light Visible.

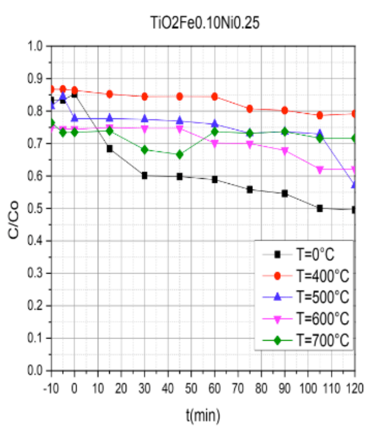


Figure 5 c) Photodegradations of TiO_2-Fe0.10-0.25% Ni different temperatures With Visible light lamp.

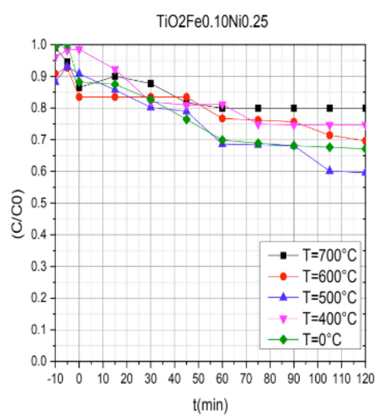


Figure 5 d) Photodegradation TiO_2-Fe-010-0.25Ni different temperatures With Uv Light.

The extended absorption within the region of visible light for the doped TiO_2 photocatalysts is explained in terms of the excitation of the electrons of the doping agent ions and then they are directed towards the conduction band of the TiO_2, being a metal that transfers load to the conduction band of the photocatalyst. The impurities entering the semiconductor crystal network form new energy levels between the valence band and the conduction band or within the TiO_2 band gap.

Particularly, in the enhanced absorption in the visible light region of the TiO_2 powders doped with nickel and iron, it is considered that the excitation of the 3d orbital electrons of this ion that dopate the catalyst is involved and then move towards the conduction band , according to their respective energy level. [17, 18]

An ion that is more electropositive than titanium should not be chosen since the spectrum would move towards shorter wavelengths (increases the energy value of the band gap), compared to the spectrum of the pure material. The valence band of TiO_2 powder would stabilize more with the impurity ion. In the pure catalyst, excitation occurs from the valence band (mainly formed by the 2p orbitals of the oxide anions) to the conduction band (mainly formed by the 3d orbitals of the Ti^{4+} cations). [19]

The color in the impurified semiconductors is an indicator that they are absorbing visible light. [20, 18] In addition, Uhm et al. [21] indicated that the brightness of the color affects the light absorption thresholds of the UV-Vis spectrum and that the TiO_2 photocatalyst, originally white, is very likely to change to yellow due to the shift in the absorption of light to the visible light zone because of the addition of nickel.

A coloration was distinguished in the synthesized impurified semiconductor oxides that became stronger as the amount of metallic impurity in these increased, with which it was assumed that there would be a greater absorption of visible light in these materials but nonetheless, it was not observed such a matter in the doped TiO_2 that was synthesized and this confirmed that the levels of impurification in the dusts produced were too small to see considerable visible light absorption.

The result of the TiO_2 0.25-Ni photocatalyst was attributed in the first instance to the adsorption achieved and secondly, but more importantly, to doping due to the percentage of degradation obtained of 62%, which is much higher than that of the others. synthesized samples.

FTIR studies doped with some transition metal were made in the middle infrared, a region that ranges from 4000 to 400 cm-1. Figures 6 and 7.

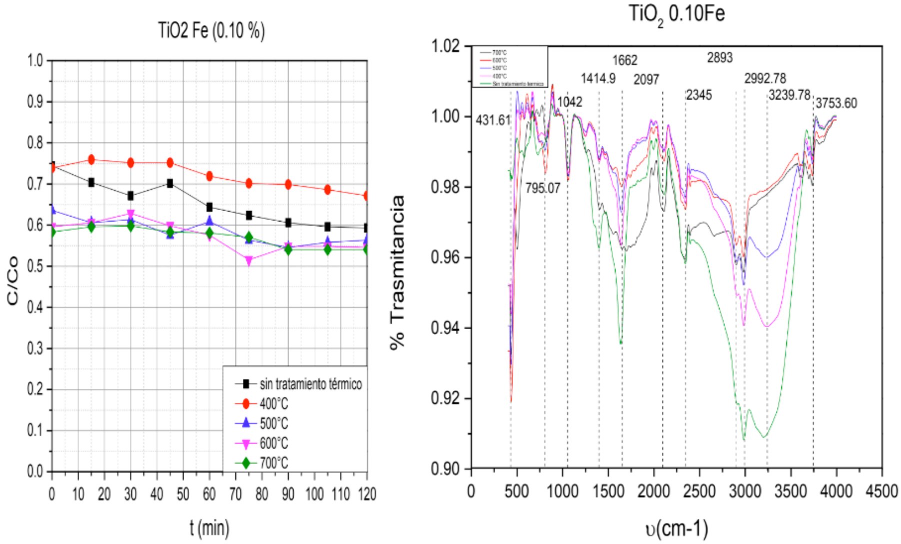


Figure 6.- Photodegradation of TiO_2- 0.10% Fe at different temperatures with visible light lamp (Rhodamina B). FTIR patterns with maximum degradation 45% with 2.2 Ev of Bandgap.

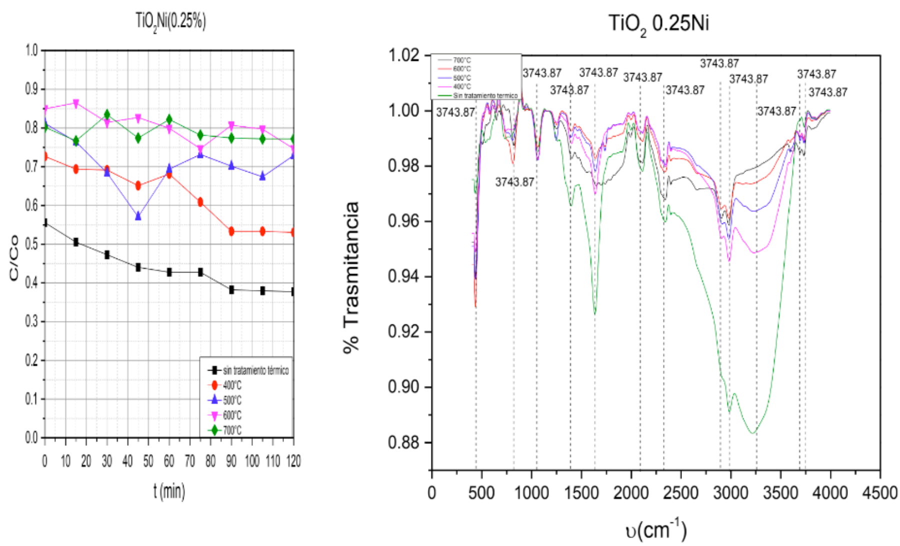


Figure 7.- Photodegradations of TiO_2-0.25% or at different temperatures with Luz Visible lamp, (Rhodamina B). FTIR patterns with 62% degradation and 2.65 Ev of Bandgap.

The Infrared Spectroscopy with Fourirer transform (FTIR) shows, the main bands are observed in 3726, 2318, 2318, 1645, 1159 and 576 cm-1. The peaks at 3730.39, 3226.11, and 3195.86 cm-1 together with 1632.60, 1634.37 and 1638.70 cm-1 are assigned to the bending vibrations of adsorbed water molecules and stretching vibrations groups O - H.

The presence of hydroxyl bands is due to chemical and physical substances in the adsorbed water on the surface of the nano particles. The band at 2987.81, 2974.18 and cm-1 is assigned to the stretch C - H vibration. The weak band at 2396.75 and 2345 cm -1 is attributed to atmospheric carbon dioxide. The band at 1159 cm-1 is due to the vibration Ti - O - Ti. The band arises around 576 cm-1 due to the stretching vibrations of groups Ti - O and Ti - O - Ti. The band at * 576 cm-1 is shifted towards the lowest wave number, particularly in the case of Ni. It can be associated with disorder (oxygen vacancies and size difference) creating by dopants. This generates greater photocatalytic activity, especially without heat treatment, since these bands are more useful, and as the calcination temperature increases, these bands decrease and also the photocatalytic effect.

TiO_2 samples doped with metal indicate that there are more Ti-O-Ti vibrations [22].

Bands of lower wave numbers require less vibration energy due to disorder. Doping of the lower valence state cations creates oxygen vacancies in the system to maintain system neutrality. In addition, the bands move towards a lower wave number. They are also associated with the bond strength that becomes weak after doping.

CONCLUSION

- TiO_2photocatalysts doped with Ni and Fe were obtained and activated in the Visible Light band, for the mineralization of wastewater from the Textile industry.

- It was observed that samples of calcined TiO_2-Fe-Ni photocatalysts in the range of 400-700 ° C, have photodegradation of acid blue dye 9 and Rhodamine B in a concentration of 20 mg / L (or 20 ppm), the best degradation TiO_2 (0.10% Fe) (0.25% Ni) was given without calcination, with visible light is 62% and UV light 40%; This sample presents a band gap of 2.28 eV.

- The maximum degradation of TiO_2-Fe with visible light of 40% with Rhodamina B having a gap band of 2.2 eV. TiO_2-Ni reached 62% degradation with Visible light having a band gap of 2.65 eV.

- The presence of Faith decreased in more than one unit the Bandgap of these Photocatalysts. Finding that the FTIR bands show only the vibrational modes of the Ti-O-Ti and O-H groups present have a greater intensity without heat treatment and greater photocatalytic effect and that as the temperature increases their intensity and also the photocatalytic effect decrease.

REFERENCES

[1] Sadegh, H., Shahryari-Ghoshekandi, R., Kazemi, M. “Study in synthesis and characterization of carbon nanotubes decorated by magnetic iron oxide nanoparticles”.Int. Nano Lett. 4, 2014.

[2] C. J. Escudero Santigo,” Caracterización de un reactor tubular para la degradación fotocatalitica de herbicidas”. Univ. Del Mar.

[3] J. Winkler, “Titanium Dioxide”, Vincentz Network, Hannover, Germany, 2003.

[4] M.N. Chong B. Jin, C.W.K. Chow, C. Saint. Water research 44 (2010) 2997-3027.

[5] Zare, K., Najafi, F., Sadegh, H., “Studies of ab initio and Monte Carlo simulation on interaction of fluorouracil anticancer drug with carbon nanotube”. J. Nanostruct. Chem. 3, 2013.

[6] Hatice Atacag Erkurt. The handbook of environmental chemistry, volume 9, Springer, 2010.

[7] R. Vinu., S.U. Akki., G. Madras. Journal of Hazarduos Materials 176 (2010) 765-773.

[8] Ochoa Y., Ortegón Y., Rodríguez J. “Síntesis del TiO_2, fase anastasa, por el método sol-gel: estudio del efecto de la presencia de AcacH en el Sistema”. Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia. No. 52 pp. 29-40, 2010.

[9] Grey, D., Garrick, D., Blackmore, D., Kelman, J., Muller, M.,Sadoff, C.” Water security in one blue planet: twenty-first century policy challenges for science”. Philos. Trans. Roy. Soc. London A: Math., Phys. Eng. Sci. 371, 20120406. 2013.

[10] WHO (World Health Organization), 2015. Drinking-water: Fact sheet No. 391 http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/en/

[11] Ferroudj, N., Nzimoto, J., Davidson, A., Talbot, D., Briot, E., Dupuis, V., Abramson, S. “Maghemite nanoparticles and maghemite/silica nanocomposite microspheres as magnetic Fenton catalysts for the removal of water pollutants”. App. Catal. B:Environ. 136, 2013.

[12] Zare, K., Najafi, F., Sadegh, H. “Studies of ab initio and Monte Carlo simulation on interaction of fluorouracil anticancer drug with carbon nanotube”. J. Nanostruct. Chem. 3, 2013.

[13] Gupta, V.K., Agarwal, S., Saleh, T.A. “Synthesis and characterization of alumina- coated carbon nanotubes and their application for lead removal”. J. Hazard. Mater. 185, 2014.

[14] J. Grzechulska., A. W. Morawski Applied Catalysis B: Environmental 36. 45-51(2002)

[15] F.O.Roble, J.C.T. Rojo., M. S. Bas. “Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminante”.

[16] U. Caudillo-Flores, “Estudio comparativo de la síntesis de TiO2, por los métodos sol- gel convencional y sol-gel catalizado por microondas”, Tesis de Licenciatura en Ingeniería Química, UMSNH, 2011.

[17] Rang, Y. Hee, S. Whoe Kim, W., Jae Kim, S. “The characterization of magnetic and photo-catalytic properties of nanocrystalline Ni-doped TiO_2 powder synthesized by mechanical alloying”. Journal of magnetism and magnetic materials, 304, e781-e783. 2006.

[18] Villa,K. Black,A. Domènech,X. “Nitrogen doped TiO_2 for hydrogen production under visible light irradiation”. José Peral, Solar energy, 86, 558-566. 2012.

[19] Fallah Shojaie, A. Loghmani, M. “La^{3+} and Zr^{4+} co-doped anatase nano TiO_2 by sol- microwave method”. Chemical engineering journal, 157, 263-269. 2010.

[20] Liaoa D.L., Wub G.S. “Zeta potential of shape-controlled TiO_2 nanoparticles with surfactants, Colloids and Surfaces A” Physicochem. Eng. Aspects 348. 270–275 (2009).

[21] Kim, T. Rodríguez-González, V. Gyawali, Soo-Wohn, L. “Synthesis of solar light responsive Fe, N co-doped TiO_2 photocatalyst by sonochemical method”. Catalysis today, 2012.

[22] Tripathi AK, Singh MK, Mathpal MC, Mishra SK. ” Agarwal A Study of structural transformation in TiO_2 nanoparticles and its optical properties”. J Alloy Compd 549:114–120 (2013).

SOBRE O ORGANIZADOR

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA - Técnico em química pelo Colégio Profissional de Uberlândia (2008), Bacharel em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2010), Licenciado em Química pela Universidade de Uberaba (2011). Especialista em Metodologia do Ensino de Química e em Docência do Ensino Superior pela Faculdade JK Serrana em Brasília (2012). Mestre em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2015), com ênfase em desenvolvimento de um bioadsorvente para remoção dos íons metálicos As(V), Sb (III) e Se (IV) em diferentes matrizes aquosas. Doutor em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2018), com ênfase em Processos Oxidativos Avançados (TiO_2/UV-A e TiO_2/Solar, H_2O_2/UV-C) para remoção de contaminantes de interesse emergente (CIE) em diferentes matrizes aquáticas. Atualmente realiza pós-doutorado na Universidade Federal de Uberlândia com ênfase em aplicação de novos agentes oxidantes empregando radiação solar para remoção de CIE em efluentes provenientes de estação de tratamento de esgoto. Possui 11 anos de experiência como técnico em química no Instituto Federal de Goiás, tendo atuado como responsável por análises de parâmetros físico-químicos e biológicos de águas e efluentes provenientes de estação de tratamento de esgoto. Atualmente, vem atuando nas seguintes linhas de pesquisa: (*i*) Desenvolvimento de novas metodologias para tratamento e recuperação de solventes e metais de alto valor para reutilização em laboratórios de instituições de ensino e pesquisa; (*ii*) Estudos de monitoramento de CIE; *(iii*) Desenvolvimento de novas tecnologias avançadas para remoção de CIE em diferentes matrizes aquáticas; (*iv*) Aplicação de processos oxidativos avançados (H_2O_2/UV-C, TiO_2/UV-A e foto-Fenton e outros) para remoção de CIE em efluentes provenientes de estação de tratamento de esgoto para fins de reutilização; (*v*) Estudo e desenvolvimento de novos bioadsorventes para remediação ambiental de CIE em diferentes matrizes aquáticas e (*vi*) Educação Ambiental.

ÍNDICE REMISSIVO

A

B

C

D

E

G

I

L

M

Base de Conhecimentos Gerados na Engenharia Ambiental e Sanitária 3

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

@atenaeditora

www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora

Ano 2021

Base de Conhecimentos Gerados na Engenharia Ambiental e Sanitária 3

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora
Ano 2021